



Universidad Internacional de La Rioja
Facultad de Educación

Trabajo fin de máster

Aprendizaje basado en
proyectos, una herramienta
para el docente de Biología y
Geología en 4º ESO

Presentado por: Susana Márquez Quintero
Línea de investigación: Propuesta de intervención
Director/a: Patricia González González

Ciudad: Madrid
Fecha: Viernes, 15 de enero de 2016

Resumen

El aprendizaje basado en proyectos es una metodología pedagógica de origen constructivista, basada en el diseño de un proyecto como estrategia principal de aprendizaje. Este abordaje, pretende involucrar al alumno en un trabajo focalizado a la adquisición de conocimientos sobre el tema de interés de una manera más práctica y similar a la forma de trabajo que utilizará en su futuro profesional. La justificación de este estudio, es analizar la implicación del aprendizaje basado en proyectos para conseguir un aprendizaje significativo, con todo lo que ello implica, en las aulas de secundaria actuales, en concreto en la materia de Biología y Geología del curso 4º de ESO. La propuesta planteada y desarrollada en este trabajo, ha sido diseñada con la finalidad de aportar al docente una herramienta de enseñanza útil que acerca al alumno a una vía de aprendizaje donde se aplique un protocolo para alcanzar los objetivos del trabajo y aprender en un contexto más práctico y motivador sobre la ciencia de la Genética. Además de plantear una serie de fases del proyecto que podrían correlacionarse con las fases del aprendizaje y las fases del método científico, se han analizado las actividades que se desarrollarán durante el proyecto, los recursos necesarios para llevarlo a cabo y una evaluación que permita medir su éxito. Los resultados previstos para la propuesta desarrollada, aunque hipotéticos, son alentadores, y parecen indicar que el proyecto puede culminar en un aprendizaje significativo, con carácter práctico, altamente motivador y con una aplicación real para el alumno.

Palabras Clave: Aprendizaje basado en proyectos, aprendizaje significativo, competencias transversales, motivación en el aula, 4ºESO.

Abstract

Project-based learning is a teaching method of constructivist origin, based on the design of a project as the main learning strategy. This approach, aims to involve the student in a project focused towards the acquisition of knowledge on the subject of interest in a more practical situation and similar to the ways of work they will apply in their professional future. The rationale of this study is to analyze the involvement of project-based learning to achieve significant learning, and all it implies about, in the subject of Biology and Geology in current 4th secondary year classrooms. The presented and developed proposal in this study, has been designed in order to offer the professor, an useful teaching tool which brings students to a way of learning where a protocol is implemented to achieve the goals of the work and to learn in a more practical and motivating context about the sciences of Genetics. In addition to raising a number of phases of the project that might be correlate with *Learning Phases* and the stages of *Scientific Method*, it has been analyzed the activities developed along the project, the needed resources to carry it out and an evaluation tools to measure its success. The expected outcomes, although hypothetical, are encouraging, and suggest that the project may culminate in a meaningful learning, practical, highly motivating and under a real application for the student.

Key words: Project-based learning, meaningful learning, transversal skills, motivation in the classroom, 4th secondary year.

Índice de contenidos

1-. INTRODUCCIÓN	1
1.1-. Justificación del trabajo y planteamiento del problema	2
1.2-. Objetivos e hipótesis	4
1.3-. Metodología y elección de las fuentes	5
1.4-. Descripción de los apartados	7
2-. MARCO TEÓRICO. DEL CONSTRUCTIVISMO AL APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS	8
2.1-. Breve aproximación al constructivismo	8
2.1.1-. Constructivismo radical	9
2.1.2-. Constructivismo piagetiano.....	10
2.1.3-. Constructivismo social.....	10
2.2-. El constructivismo en ciencias	10
2.3-. El aprendizaje basado en proyectos.....	12
2.3.1-. Definición y criterios que deben cumplir.....	12
2.3.2-. Origen	13
2.2.3-. Fases del aprendizaje basado en proyectos.....	14
2.3.4-. Importancia del aprendizaje basado en proyectos en el ámbito educativo.....	15
2.3.5-. Relación del aprendizaje basado en proyectos con las fases del aprendizaje.....	16
2.4-. El aprendizaje basado en proyectos en ciencias.....	19
2.4.1-. Importancia del aprendizaje basado en proyectos en el ámbito educativo en ciencias	21
2.4.2-. Relación del aprendizaje basado en proyectos con el Método Científico	22
3-. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN I. LA HERENCIA Y LA TRASMISIÓN DE LOS CARÁCTERES.....	23
3.1-. Presentación y análisis de la situación educativa	24
3.2-. Objetivos.....	27
3.3-. Metodología.....	29
3.3.1-. Destinatarios	31
3.3.2-. Planificación de acciones y temporalización	31
3.3.3-. Propuesta de actividades.....	33
3.3.4-. Recursos humanos, materiales y económicos	45
3.3.5-. Evaluación	46
3.3.5.1-. Evaluación del proceso	46
3.3.5.2-. Evaluación de los resultados.....	48
3.3.6-. Resultados previstos	51
4-. DISCUSIÓN	53
5-. CONCLUSIONES	56
6-. LIMITACIONES Y PROSPECTIVA.....	59
7-. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60

Índice de figuras

Figura 1: Etapas del método científico.....	22
Figura 2: Resumen del proyecto.....	26
Figura 3: Cronograma del proyecto.	33
Figura 4: Ejemplo de dossier para los alumnos.	40
Figura 5: Gráfico de resultados de aula.	43
Figura 6: Pedigree para actividad.....	44
Figura 7: Encuesta de opinión para los alumnos.	50

Índice de tablas

Tabla 1: Funciones y verbos significativos de las fases de aprendizaje.....	17
Tabla 2: Objetivos del proyecto.	27
Tabla 3: Tabla de resultados individuales.	41
Tabla 4: Tabla de resultados de aula.....	42

1.- INTRODUCCIÓN

El aprendizaje, según el diccionario de la Real Academia Española de la Lengua, es la acción o efecto de aprender algún arte, oficio u otra cosa. Una tercera acepción en este término, indica que, en psicología, el aprendizaje es la adquisición por la práctica de una conducta duradera. Van den Bergh, Mortermans, Spooren, Van Petegem, Gijbels y Vanthournout (2006), por su parte, definen el aprendizaje como un proceso acumulativo, autorregulado, dirigido, colaborativo e individual.

Estas definiciones, indican que el aprendizaje es un proceso que requiere, en última instancia, la adquisición de un conocimiento. La adquisición de un conocimiento requiere, a su vez, conocer cómo aplicar ese conocimiento, y no sólo integrar la teoría en la que se sustenta.

Algunos estudios (Scouller, 1998; Gibbs, 1999; Van den Bergh *et al.*, 2006; Rodríguez-Sandoval, Vargas-Solano y Luna-Cortés, 2010), revelan cómo invertir la clásica metodología basada en el esquema: teoría → práctica al esquema práctica → teoría, ayuda a afianzar mejor los conocimientos de una manera duradera. National training laboratories (1977, citado en Human vision, 2005), afirmaron que los alumnos aprenden:

- El 20 % de lo que ven
- El 20% de lo que oyen
- El 40 % de lo que ven y oyen
- El 80 % de lo que vivencian o descubren por sí mismos

Otros estudios realizados posteriormente, han comprobado que la retención del conocimiento adquirido después de 24 horas en un estudiante es del 5% para clases magistrales, 50% para discusión en grupo, 75% para experiencias prácticas y 90% por enseñar a otros (Sousa, 1995).

Estos datos, coinciden con el paradigma de la corriente constructivista de educación, en su enfoque radical, el cual plantea, que el conocimiento no se recibe pasivamente, ni a través de los sentidos, ni por medio de la comunicación, sino que es construido activamente por el sujeto cognoscente (Barreto, Gutiérrez, Pinilla y Parra, 2006).

Este cambio de concepción en el paradigma educativo, replantea a los docentes, generar un nuevo enfoque metodológico, que equilibre el contenido práctico al teórico y facilite al alumno experimentar con el mismo para asimilarlo como su propia experiencia. Entre estos nuevos planteamientos metodológicos, surge el aprendizaje basado en proyectos, una estrategia educativa que persigue involucrar al alumno en un trabajo en el cual será protagonista de su diseño, planteamiento, análisis de resultados propios y exposición de conclusiones de manera autónoma, a la par que supervisada por el profesor. Este modelo, garantiza la aplicación del estudio empírico, a la vez que se integran conceptos previamente estudiados a través de búsquedas bibliográfica, con lo que estimula la adquisición de un juicio crítico a la hora de seleccionar la información verídica y contrastada. Por otro lado, el aprendizaje basado en proyectos, impulsa el desarrollo de competencias trasversales como la organización y gestión del tiempo, la capacidad de integración, la planificación o el trabajo en equipo, las cuales serán vitales en la vida profesional y social de los alumnos de secundaria una vez se incorporen al mundo laboral (Rebollo, 2010; Aula Planeta, 2015).

Asimismo, el aprendizaje basado en proyectos, permite acercar el conocimiento al alumno de una manera que puede resultar altamente motivadora. Esto se debe a que facilita al alumno experimentar con un contenido más cercano al ámbito de su interés, dentro del marco educativo encuadrado en el currículo (Coto y Dirckinck-Holmfeld, 2007).

En conclusión, el fin que persigue la educación es fomentar la adquisición del conocimiento de una manera duradera, integral y, en última instancia, significativa. Esta educación significativa, se logrará de una manera más eficaz cuanto más se desarrolle como si de una experiencia propia se tratase, ya que la vivencia personal es el conocimiento que mejor se asimila e interioriza. En adición, los conceptos que nos producen un mayor interés o curiosidad contribuyen, por su parte, a aprenderlos de una manera más perdurable y motivadora (Heick, 2013).

1.1-. Justificación del trabajo y planteamiento del problema

En el caso concreto de las ciencias Biología y Geología, ambas ciencias naturales y con un marcado carácter experimental, resultan candidatas perfectas por varios motivos para experimentar con un proyecto de trabajo. Entre estos motivos, se encuentran el desarrollo y puesta en práctica de habilidades altamente necesarias en estos ámbitos de estudio como el pensamiento autocrítico, la autonomía y capacidad de

observación, o el refuerzo de habilidades sociales para el intercambio de ideas y colaboración entre los investigadores, y también la creatividad (Aula Planeta, 2015). Estas estrategias despiertan la curiosidad del alumno por el entorno que les rodea, y así es como estas ciencias han sido desarrolladas con el paso del tiempo, en base a la observación y análisis de resultados. Esto es lo que se pretende simular en el aprendizaje basado en proyectos. La finalidad de este trabajo es analizar esta metodología para el curso de 4º ESO, en concreto el bloque de contenidos que está relacionado con la ciencia de la Genética.

Este contenido resulta idóneo para poder investigar e indagar en mayor profundidad del que permite el temario estipulado en el currículo del curso. Por ello, se presenta interesante poner en práctica un proyecto de investigación para desentrañar toda la historia, análisis y desarrollo de la teoría que tuvo que seguir cada autor para favorecer su comprensión de una manera más integral.

Uno de las grandes dificultades a la que se enfrenta la profesión docente es garantizar que el conocimiento de los alumnos de secundaria se retenga al cabo de los años y pueda relacionarse con su aplicación práctica real. En ocasiones, ocurre porque se dedica una mayor parte del tiempo en la teoría de las materias mientras que no se invierte demasiado en parte práctica. Esto se traduce en que, como formulaba Goh en 1998, “La pasión [por el aprendizaje] es generalmente deficiente en nuestros alumnos, incluyendo muchos de nuestros más capaces”. El aprendizaje basado en proyectos, persigue que los estudiantes vayan más allá de la memorización y adquieran habilidades de pensamiento crítico y creativo que les capaciten para resolver problemas por sí mismos, a los cuales se enfrentarán en su futuro profesional y laboral (Chin y Chia, 2006).

Es frecuente detectar que cuando se intentan llevar los conocimientos teóricos a la práctica, se percibe si se tienen claros los conocimientos teóricos. Incluso, puede ocurrir, que se tenga algún concepto erróneo asentado y cuando se lleva a la práctica es cuando se detecta y corrige ese error. El mayor poder de aprendizaje ocurre en el contexto donde los alumnos pasan a la acción y se ponen en práctica a sí misma (DuFour, DuFour, Eaker y Many, 2006).

1.2-. Objetivos e hipótesis

En este trabajo, se pretende dilucidar si el aprendizaje basado en proyectos constituye una metodología adecuada para la adquisición de conocimientos de Genética y su puesta en práctica para poner a prueba estos conocimientos en un grupo de 4º ESO. Para ello, se considerará prever el impacto que esta metodología pueda tener en este curso, la aceptación del mismo por parte de los alumnos y el profesor, los recursos y canales que se pueden utilizar, así como su significación en el aprendizaje.

El presente trabajo, se ha diseñado con el objetivo general de aportar al docente de Biología y Geología de 4º ESO, una herramienta fundamentada en el aprendizaje basado en proyectos eficaz para la enseñanza de las unidades didácticas relacionadas con la Herencia Genética.

Para alcanzar dicho objetivo, se tendrán en cuenta una serie de objetivos específicos:

1. Buscar información bibliográfica disponible sobre antecedentes del aprendizaje basado en proyectos y sus resultados contrastados.
2. Analizar la implicación didáctica del aprendizaje basado en proyectos como herramienta de aprendizaje, teniendo en especial consideración el aprendizaje de índole científica.
3. Analizar la situación actual sobre los contenidos del currículo relacionados con Genética en este curso y evaluar la posibilidad de mejora en la docencia de estos contenidos mediante el aprendizaje basado en proyectos.
4. Diseñar una propuesta que genere un aprendizaje significativo y motivador para el alumno de esta materia. Especialmente, se perseguirá que la propuesta logre captar su curiosidad para conseguir su máxima implicación en el proyecto.
5. Evaluar si esta metodología aportaría al alumno la adquisición de competencias transversales además de conocimientos sobre el tema.

6. Diseñar una evaluación del rendimiento de la propuesta para estimar unos resultados previstos de su acción en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

1.3-. Metodología y elección de las fuentes

Para la confección de este trabajo, se ha realizado una revisión bibliográfica de experiencias previas en aprendizaje basado en proyectos que ayuden a contextualizar sus ventajas e inconvenientes como metodología constructivista. A partir de ello, se ha promovido el diseño de una propuesta de intervención basada en esta metodología para el grupo de 4º ESO en el bloque relacionado con la Herencia Genética de la asignatura Biología y Geología, cuyo planteamiento corresponde al objetivo general de este estudio.

Este diseño propuesto, no se ha llevado a la práctica, por lo que conocer antecedentes previos de propuestas similares en el ámbito científico, así como otros ámbitos, ayudará a establecer una idea más precisa de sus resultados previstos, para alcanzar el objetivo general del trabajo y responder a las hipótesis planteadas en el apartado anterior.

Para configurar esta propuesta, se partirá de un análisis de la situación actual educativa y de los objetivos concretos que se pretenden con el diseño de esta propuesta, con el fin de contribuir a mejorar esta situación. Una vez revisados los contenidos disciplinares dispuestos en el Real Decreto 1631/2006, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria, se establecerá una propuesta que permita al alumno descubrir los conceptos de las unidades didácticas seleccionadas sobre la Herencia Genética mediante la realización del proyecto, con el fin de que adquiera los objetivos necesarios sobre el temario establecidas por la legislación vigente para el curso 4º ESO.

En el planteamiento de la propuesta, se pondrá un especial cuidado en analizar las competencias transversales que el alumno irá practicando y adquiriendo, en conjunto al avance de la consecución de los objetivos.

Posteriormente, se propone una evaluación del proceso, especialmente importante para medir el rendimiento de los alumnos mediante el aprendizaje basado en proyectos y el logro de estos objetivos y competencias perseguidos. Para la realización de esta evaluación, se planteará un esquema donde se evaluará el progreso

del alumno para cada fase del proyecto, priorizando aquellas fases que requieren un mayor esfuerzo para el alumno, las cuales equivaldrán a un mayor porcentaje de la nota final. En esta evaluación se considerará tanto el alcance de objetivos como la adquisición de competencias, que serán evaluados positivamente.

Se plantea necesario también coordinar una evaluación de los resultados, de manera independiente a la del proceso del proyecto en el aprendizaje de los alumnos. El fin de esta evaluación, es medir la eficacia del aprendizaje basado en proyectos, en comparación al aprendizaje obtenido mediante las metodologías previas que se estuvieran utilizando para impartir ese mismo contenido previamente. Estos datos, nos permitirán contrastar el progreso de los alumnos mediante las distintas metodologías disponibles para modular o reformular la metodología basada en proyectos o conocer la necesidad de que sea sustituida por otra metodología en caso de obtener resultados negativos. Como parte de esta evaluación, se considerará una pieza fundamental el conocimiento de la opinión por parte de los alumnos, una vez finalizada el proyecto planteada, de forma anónima. La opinión de los protagonistas principales durante el proceso, permitirá conocer al docente de primera mano, la percepción que presentan sus alumnos sobre esta metodología, cómo ellos han observado la mejora de sus conocimientos y competencias e incluso cómo detectan la implicación del docente como coordinador del proyecto. Por otro lado, en esta evaluación de la opinión, pueden plantearse preguntas abiertas que, aunque no permitirían medir numéricamente los datos, ayudarían a obtener importante información para mejorar el planteamiento en el futuro.

Las fuentes bibliográficas utilizadas han sido seleccionadas a partir de motores de búsqueda como google académico y el repositorio de la UNIR Dialnet. Google académico es un referente de búsqueda de estudios sobre distintos ámbitos, que puede suponer una buena opción para establecer un marco teórico sobre el tema y conocer la profundidad a la cual se ha investigado sobre el mismo. Dialnet es un motor de búsqueda más específico para el ámbito de educación, con lo cual ofrece resultados más precisos sobre los estudios recientes en este campo. Por otro lado, de manera puntual se han consultados libros y monografías que se han considerado apropiados para completar este trabajo e incluso han servido de inspiración para originar la idea de la propuesta planteada.

1.4-. Descripción de los apartados

Tras esta introducción, ofrecida con el fin de dar justificación y sentido a este trabajo, trasmitiéndole al lector las inquietudes de la autora por profundizar en este tipo de metodología y enmarcar los objetivos y metodología que se perseguirán durante el mismo, el estudio proseguirá con un marco teórico donde se expondrán los orígenes de la metodología basada en proyectos y su implicación en el aprendizaje en ciencias, acotando su estudio hasta culminar con ejemplos reales implementados en la enseñanza actual de Biología y Geología.

Una vez contextualizado el proyecto, se lanzará la propuesta de mejora educativa, partiendo de un breve análisis de la situación educativa actual. En base a esta situación, se configurarán una serie de objetivos específicos que se persiguen conseguir y evaluar con la presente propuesta. En base a ello, se plantea un proyecto que se organiza en 5 fases, las cuales se describirán en esta presentación de la propuesta.

Posteriormente, se analizará la metodología más apropiada para conseguir estos objetivos. Esta metodología tendrá presente los destinatarios a la que va dirigida, así como la planificación y temporalización necesaria para llevarlo a cabo, resumida en un cronograma factible. Esta metodología también incluye, a continuación, un amplio apartado dedicado a las actividades que configurarán el proyecto. Además, se planificarán los recursos humanos, materiales y económicos necesarios para plantear el proyecto.

Uno de los apartados más importantes incluidos en esta metodología, será la evaluación del proyecto. Puesto que es un proyecto que aún no ha podido ser llevado a la práctica real, se presenta de especial importancia planificar una buena evaluación del proceso y de los resultados para que cuando finalmente pueda ser realizada, garantizar que se cumplen los objetivos perseguidos y los resultados esperados se acerquen lo máximo posible a los resultados reales.

A continuación, y cerrando este bloque que engloba la metodología de la propuesta, se comentarán los resultados previstos de esta propuesta de mejora.

Una vez analizados todos los puntos que confeccionan el diseño de la propuesta de intervención que justifica este trabajo, se discutirán enfocando su análisis a los

resultados previstos en base a los objetivos perseguidos y se extraerán las conclusiones relacionadas con los objetivos e hipótesis que introducen el presente trabajo.

Por último, se han recogido una serie de limitaciones que se han presentado a la hora de elaborar este estudio y que el lector ha de tener en cuenta en la lectura crítica del mismo. Además, se ha presentado una prospectiva del presente, con especial sentido teniendo en cuenta que esta propuesta presenta resultados previstos que la autora espera contrastar llevándola a la práctica en un futuro próximo.

2-. MARCO TEÓRICO. DEL CONSTRUCTIVISMO AL APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS

El marco teórico se ha descrito como un viaje temporal desde el origen del constructivismo con los hitos históricos más relevantes y su vínculo con el conocimiento científico, hasta desembocar en una de sus formas, el aprendizaje basado en problemas, la metodología que desea profundizarse en esta revisión. Con respecto al aprendizaje basado en proyectos, se han desarrollado sus fundamentos, características e importancia educativa, tanto a nivel general como aumentando el nivel de concreción al ámbito científico.

2.1-. Breve aproximación al constructivismo

El constructivismo es una corriente de pensamiento en la que se toma al individuo, tanto a nivel cognitivo como social, como una construcción propia, creciendo cada día por una interacción entre el ambiente y sus disposiciones internas, no siendo un producto de ambos factores como tal. Esto hace denominar al conocimiento como una construcción del ser humano a partir de esquemas propios y de su ampliación en su relación con el medio, pero no una copia de la realidad (Carretero, 2000).

El constructivismo, evolucionó a partir de los trabajos de psicólogos y educadores tales como Lev Vygotsky, Jerome Bruner, Jean Piaget y John Dewey (Maldonado, 2008). Sin embargo, esta corriente de pensamiento, no surge como idea en un único acto, sino que muchas ideologías a través de la historia, han contribuido a su configuración final. Los primeros esbozos, parten de los antiguos pensadores griegos, encontrando las primeras referencias en filósofos presocráticos, como Jenófanes (570-478 a. C.), que afirmaba que toda teoría deber ser afirmada como competencia de otras y en referencia a estas. Los clásicos pensadores griegos, realizaron

los primeros bosquejos de romper con la hegemonía del ser, la verdad, el conocimiento único y dominante, para primar a lo cambiante, las construcciones particulares y las verdades construidas desde perspectivas individuales (Araya, Alfaro y Andonegui, 2007).

Algunos autores, asientan las corrientes constructivistas modernas a partir de la figura de René Descartes (1596-1950) por dos razones: en primer lugar por la analogía actual con la técnica mecánica y la matematización, a través de las cuales Descartes concluyó que el ser humano sólo puede conocer lo que él mismo construye; y en segundo lugar, por la elaboración de la Geometría analítica, que supone la separación entre las verdades geométricas óntica (el Ser lo es de una sola manera) y ontológica (el Ser se manifiesta de una sola manera). Con su famosa frase “pienso, luego existo”, plasmó la separación entre el mundo material y el del pensamiento, y cambiará la forma de pensamiento y del proceso de desarrollo filosófico y científico posterior (Araya et al. 2007).

Por otro lado, también fue muy importante la influencia de Immanuel Kant (1724-1804), propuso que las observaciones y juicios individuales nacen de la experiencia particular, y, en consecuencia, están desprovistos de universalidad, por lo que marca un distanciamiento entre el racionalismo y el empirismo, estableciendo la experiencia como un límite entre ciencia y metafísica (Araya et al. 2007).

En la actualidad, los estudios realizados sobre el constructivismo muestran una gran variedad de concepciones y aplicaciones del término, por ello surgen distintos enfoques y posturas de esta corriente constructivista, que serán analizados de manera breve a continuación.

2.1.1-. Constructivismo radical

El constructivismo en su enfoque más radical se fundamenta en un posicionamiento ontológico y epistemológico, activamente construido por el sujeto. En este enfoque, la cognición tiene una función adaptativa, es decir, construye explicaciones viables de nuestra experiencia y no describe la realidad ontológica o la verdad de la realidad. El modo de construir el conocimiento es individual. (Barreto et al., 2006). El constructivismo es “radical” en sí mismo, porque rompe con las convenciones y no hace referencia a una realidad ontológica u objetiva, sino que se

refiere al ordenamiento y organización de un mundo construido a través de nuestras experiencias (Von Glaserfeld, 1988).

2.1.2-. Constructivismo piagetiano

Hasta principios del siglo XX, las concepciones epistemológicas realistas o empiristas, y consecuentemente las teorías del aprendizaje asociadas a estas eran las dominantes, sin embargo, tanto a nivel epistemológico como psicológico, durante este siglo, nace una fuerte corriente opositora de estas concepciones. Uno de los autores que más se opone a los planteamientos empiristas es Jean Piaget (1896-1980), que defiende una concepción constructivista donde el sujeto es un elemento activo frente a lo real e interpreta la relación proveniente del entorno. Para Piaget, entre el sujeto y el objeto existe una relación dinámica y no estática, pero no basta ser activo frente al entorno, sino que el proceso de construcción es, en realidad, un proceso de reestructuración y reconstrucción, donde todo conocimiento nuevo se genera a partir de otros previos y tiene que ser el sujeto quien construya su propio conocimiento (Gómez y Coll, 1994).

2.1.3-. Constructivismo social

Surge con las teorías de los psicólogos Driver y Easley, que en 1978 plantearon que los logros en ciencias dependen en gran medida de las capacidades específicas y las experiencias previas de los sujetos. Este tipo de constructivismo desarrolla la idea de una perspectiva social de la cognición donde el fundamento del desarrollo cognoscitivo se fundamenta en la actividad social. Las acciones y juicios sociales se equilibran entre sí, para asentar el conocimiento verdadero (Barreto et al. 2006).

2.2-. El constructivismo en ciencias

En las dos últimas décadas, el constructivismo ha sido la base de la mayoría de trabajos relacionados con la didáctica en ciencias (Marín, 2003). El papel del educador en ciencias no tiene que limitarse a transmitir a los alumnos conocimientos que serán adquiridos y evaluados, sino también a desarrollar la actitud crítica del que aprende para construir así ese conocimiento. Con el fin de ampliar el conocimiento científico y crítico, se deben tener en cuenta dos perspectivas: la epistemológica y la psicológica-cognitiva. La primera, fue propuesta por Popper en 1972 y se basa en que el

conocimiento científico siempre debe estar sometido a la crítica, para que surjan nuevos problemas que puedan ser confirmados o refutados para ampliar el conocimiento en la materia. La solución a estos problemas asentará las bases de nuevas teorías. El enfoque popperiano o epistemológico condiciona la búsqueda constante de nuevos horizontes hipotéticos que impulsen el avance científico. La segunda, el enfoque psicológico-cognitivo, está basada en la teoría de la equilibración piagetiana, formulada por Piaget en 1977. Esta teoría afirma que el conocimiento se configura desde la niñez hasta la adolescencia, donde se originan los conocimientos científicos, mediante la búsqueda de la coherencia, atendiendo al equilibrio de asimilación-acomodación. Este binomio implica que el estudiante interactúa con el objeto, asimilándolo a sus esquemas. Cuando ocurren novedades sobre este objeto, se produce un desequilibrio lógico-conceptual, que obliga al sujeto a restablecer o acomodar este equilibrio produciendo un esfuerzo asimilador. Es decir, el aprendizaje se basa en estructuras previamente formadas, que pueden romper las expectativas con reacciones inesperadas que deben ser reformuladas y estructuradas para resolver estas nuevas reacciones problemas hasta convertirlas en expectativas. Para Piaget, estos problemas desequilibrantes son el motor del progreso (Laburu, 1996).

Algunos autores, como Nicolás Marín, que llevan varios años estudiando la relación entre el constructivismo y la enseñanza en ciencias, consensuan que para entender el conocimiento en ciencias hay que aglutinar esta posición epistemológica del constructivismo como interacción de las construcciones teóricas y la confrontación empírica, con un modelo holístico, el constructivismo orgánico, que interpreta el conocimiento como una metáfora de un organismo, donde el todo no se puede reducir a las partes y las relaciones causales no son simples y lineales (Marín, 2014).

Este autor, también establece una diferencia entre constructivismo estático y constructivismo dinámico. El constructivismo estático asume que lo que el sujeto interpreta de la realidad depende de sus conocimientos anteriores (constructivismo mecanicista), mientras que el constructivismo dinámico, el cual correspondería al constructivismo orgánico, postula que el sujeto no procesa la información tomada del exterior y reproduce respuestas preparadas, si no que le asigna un significado y genera nuevas soluciones (Marín, 2003).

Estos autores afirman que aun hoy en día, “el cuadro constructivista está incompleto” y se sigue investigando sobre la relación del constructivismo cognitivo-psicológico, filosófico y educativo.

2.3-. El aprendizaje basado en proyectos

A lo largo de este apartado se profundizará sobre los fundamentos que sostienen a la metodología basada en proyectos. Debido a que la propuesta que se presentará, originada bajo el marco teórico de esta metodología, está ubicada en una asignatura de ciencias, se ha precisado necesario desarrollar un punto independiente sobre el aprendizaje basado en proyectos en ciencias.

2.3.1-. Definición y criterios que deben cumplir

El aprendizaje basado en proyectos, es un modelo que organiza el aprendizaje entorno a proyectos de trabajo. Estos proyectos, consisten en complejas tareas diseñadas con el fin de resolver cuestiones o problemas que involucran al alumno en el diseño, la resolución, la toma de decisiones o la actividad de investigación. Estas acciones ofrecen al alumno la oportunidad de trabajar con el contenido de una forma relativamente autónoma y por unos extensos períodos de tiempo (Thomas, 2000).

El aprendizaje basado en proyectos, tiene el fin de subsanar las carencias del modelo de aprendizaje memorístico que aporta la metodología magistral tradicional. Es una estrategia eficaz incluso en el trabajo con alumnos de distintas habilidades y formas de aprendizaje. Este sistema de aprendizaje, permite acercar al alumno a una realidad, obteniendo resultados aplicables para resolver problemas reales a los que se pueda enfrentar. Además, promueve la actividad plenamente autónoma, con el consiguiente aprendizaje que ésta conlleva, aunque supervisada por el docente que le orienta a obtener resultados y cumplir sus objetivos (Rebollo, 2010).

Para que un proyecto sea considerado dentro de la estrategia de Aprendizaje basado en proyectos, debe cumplir estos 5 criterios (Thomas, 2000).

- 1) El aprendizaje basado en proyectos es central, no periférico al currículo. Es decir, es la estrategia principal de aprendizaje. El alumno aprende los conceptos relevantes de la disciplina mediante la realización del proyecto.
- 2) El aprendizaje basado en proyectos está focalizado en cuestiones o problemas que conducen al estudiante a encontrarse con los conceptos principales de la disciplina.
- 3) El proyecto involucra a los estudiantes en una investigación constructiva. La investigación está dirigida a averiguar, construir conocimiento y resolver.

- 4) El proyecto es un conductor del alumno a una meta significativa en su aprendizaje
- 5) El proyecto es realista, presenta características que le dan a los alumnos un sentimiento de autenticidad.

2.3.2-. Origen

El aprendizaje basado en proyectos surge como una de las alternativas de la corriente constructivista del aprendizaje, una corriente pedagógica que postula la educación como un proceso de perfeccionamiento integral de la persona mediante la estructuración del conocimiento basada en las experiencias del propio sujeto o la asimilación de nuevas experiencias que den coherencia al nuevo aprendizaje. Según el constructivismo piagetiano, el conocimiento no es copia de una realidad externa a él, sino resultado de la estructuración de sus propias experiencias (Barreto *et al*, 2006). La génesis del conocimiento es el resultado de un proceso de reconstrucción de los hechos del mundo, que llevan a cabo las personas a lo largo de su vida, en interacción con los objetos y con los demás, considerando que el conocimiento no es la descripción de la realidad sino una modelización, es decir, reconstrucción de la misma (Azcárate, 1999).

Knoll (1997), estableció las cinco fases temporales más importantes en el Aprendizaje basado en proyectos:

- 1590-1765: Comienzos del trabajo por proyectos en escuelas de arquitectura en Europa.
- 1765-1880: El Proyecto como método normal de enseñanza y su implantación en América.
- 1880-1915: Trabajo en proyectos en entrenamiento manual y en escuelas públicas generales.
- 1915-1965: Redefinición del método por proyectos y su traspaso de vuelta desde América a Europa.
- 1965-actualidad: Redescubrimiento de la idea de proyecto y la tercera corriente de su diseminación internacional.

Es interesante apreciar la coincidencia de este redescubrimiento del concepto de aprendizaje por proyectos, con la explosión de la corriente del constructivismo pedagógico.

Krajcik y Blumenfeld (2006), publicaron un libro titulado *Based-project Learning*, donde comentan lo siguiente:

También sobre 1990, una nueva evaluación en estudiantes universitarios ha demostrado que el aprendizaje que ellos adquieren en el instituto permanece en un nivel superficial. Incluso los estudiantes con mejores notas, aquellos en las mejores universidades, a menudo no han adquirido una profunda comprensión conceptual de la materia – ya sea en ciencias, literatura, o matemáticas (Gardner, 1991). Los educadores aún se enfrentan a estos problemas críticos hoy en día (p. 317).

Estos autores, afirman que el aprendizaje basado en problemas, es una forma de aprendizaje, basado en los descubrimientos constructivistas mediante el cual, los estudiantes ganan un entendimiento más profundo de la materia, en un entorno real, con problemas significativos que son importantes para ellos y similares a los trabajados por científicos, matemáticos, escritores o historiadores.

2.2.3-. Fases del aprendizaje basado en proyectos

Se pueden establecer 10 fases para establecer una estrategia de aprendizaje basada en proyectos (Actualidad Pedagógica, 2013):

- 1) Elegir el tema del proyecto. Como se comentaba en los criterios propuestos del apartado 2.3.1-. Definición y criterios que deben cumplir, es importante que el tema esté acotado dentro del currículo, que ofrezca un valor significativo de aprendizaje y que esté basado en la realidad.
- 2) Identificar y poner en común los objetivos y contenidos curriculares. Lo ideal es que los objetivos y contenidos estén relacionados con el tema. La puesta en común se hace especialmente importante si el proyecto va a ser coordinado por varios profesores.
- 3) Iniciar con un acontecimiento sorprendente. Es esencial en un proyecto de gran implicación del alumno y con posibilidad de cierta carga de trabajo, que el inicio sea motivador y genere curiosidad en los participantes para garantizar el compromiso de trabajo durante todo el proyecto.
- 4) Lista de deseos. Tener presente lo que los profesores y alumnos quieren enseñar-aprender durante el proyecto será clave para alcanzar el resultado final deseado.
- 5) Elección de las competencias. Una de las finalidades del aprendizaje basado en proyectos es, que el alumno adquiera una serie de competencias durante la

elaboración del mismo. El diseño del proyecto irá enfocado a la adquisición de las mismas, por tanto, la elección de ellas definirá el proyecto y los resultados.

- 6) Elección del producto final. Una vez conocidos el tema, los objetivos y los deseos esperados, es necesario elegir cual será el producto que se va a exponer a los demás con el aprendizaje obtenido durante el proceso. Puede ser elegido por el profesor, por los alumnos o negociado por ambas partes.
- 7) Plazos y fases del proyecto. Todo proyecto requiere de una buena planificación para garantizar unos resultados bien planificados. Estos plazos serán conocidos por todos los participantes del proyecto.
- 8) Establecer metas de aprendizaje. Una de las oportunidades que ofrece el aprendizaje basado en proyectos es la evaluación del propio proceso, por ello, es importante tener clara la meta final. Una rúbrica que incluya los niveles de consecución ayudará a este seguimiento.
- 9) Amigos críticos. Durante el proceso, el alumno debe recibir información del desarrollo del proceso. También es interesante hacer intercambios temporales o puestas en común que aporten de forma valiosa a los participantes.
- 10) Exposición pública. El producto final se expondrá ante una audiencia.

2.3.4-. Importancia del aprendizaje basado en proyectos en el ámbito educativo

Distintas investigaciones (William y Linn, 2003; Marx, Blumenfeld, Krajcik, Fishman, Soloway, Geier y Revital, 2004; Rivet y Krajcik, 2004), han demostrado que los estudiantes con clases metodológicas basadas en el Aprendizaje por proyectos han obtenido mejores resultados que aquellos que aprenden mediante una clase con metodología tradicional.

Podríamos englobar las ventajas del Aprendizaje basado en proyectos en el ámbito educativo en los siguientes 7 puntos (Aula Planeta, 2015):

- 1) Motiva a los alumnos a aprender. Despierta su curiosidad por investigar y aprender sobre un tema. Está contrastado en diversos estudios que un importante factor en el aprendizaje es la motivación del alumno. Los estudiantes que poseen especial motivación para conseguir metas focalizadas en el aprendizaje y mejorar sus conocimientos en la materia, presentan un mayor compromiso en el trabajo escolar que aquellos estudiantes que su única meta es acabar el trabajo asignado de manera

satisfactoria (Ames, 1992). Esto plantea la necesidad al docente de investigar sobre herramientas alternativas que estimulen al alumno a alcanzar metas para mejorarse a sí mismos y no solo para garantizar superar la asignatura.

- 2) Desarrolla la autonomía. El Aprendizaje basado en proyectos presenta un diseño que promueve la autonomía del estudiante, siendo ellos los protagonistas del proceso planificando las acciones, distribuyendo las tareas, poniendo ideas en común, tomar decisiones y elaborar el contenido.
- 3) Fomenta el espíritu autocrítico: alienta al alumno a evaluarse a sí mismo, detectar sus errores y mejorar sus resultados.
- 4) Refuerza las capacidades sociales. El Aprendizaje basado en proyectos favorece el intercambio de ideas y la colaboración entre los participantes para la obtención de resultados en común, el debate y la extracción de conclusiones.
- 5) Facilita la alfabetización mediática e informacional. El alumno desarrolla durante la investigación la capacidad de búsqueda, selección, contraste y análisis de la información.
- 6) Promueve la creatividad. Los alumnos idean distintas posibilidades para elaborar el proyecto. Además, esta metodología ofrece la opción de ajustarse a los propios intereses del alumno.
- 7) Atiende a la diversidad. El Aprendizaje basado en proyectos ofrece la posibilidad de adaptarse a las necesidades específicas del aula, estimulando tanto a los alumnos con problemas en el aprendizaje como a los más avanzados en la realización de un proyecto en común.

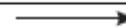
2.3.5-. Relación del aprendizaje basado en proyectos con las Fases del Aprendizaje

El aprendizaje viene configurado por varias fases. En primer lugar, existe un proceso de adquisición, donde el alumno recepciona la información, la procesa y codifica para culminar con la retención del conocimiento. En segundo lugar, el

aprendizaje persigue que el alumno sea capaz de utilizar esos nuevos conocimientos, de forma que sea capaz de ampliarlos y utilizar su creatividad para extrapolarlos a distintas situaciones que se le puedan presentar, así como, de expresarlo tanto de manera simbólica como práctica. Bernardo, Javaloyes y Calderero (2008), propusieron una tabla que recoge las fases del conocimiento y las funciones que se requieren para conseguirlas.

Tabla 1: Funciones y verbos significativos de las fases de aprendizaje.

TEORÍA COGNITIVA		CONCEPCIÓN PERSONALIZADA DE LA EDUCACIÓN	
Proceso	Fase	Funciones o aptitudes	Verbos significativos
Adquisición	Receptiva	<i>Observación</i>	Advertir, atender, buscar, contemplar, distinguir, examinar, fijarse, interesarse, mirar, notar, observar, percibir, ver, vigilar.
		<i>Lectura</i>	Interpretar, leer, traducir.
		<i>Percepción oral</i>	Escuchar.
		<i>Audición</i>	Oír.
		<i>Identificación</i>	Aprobar, calificar, confirmar, constatar, descubrir, encontrar, identificar, reconocer.
		<i>Recuento</i>	Aprobar, confirmar, descubrir, encontrar, reconocer.
Codificación	Reflexiva	<i>Análisis</i>	Aislar, analizar, apartar, buscar, descomponer, diferenciar, distinguir, separar.
		<i>Comparación (asimilación/diferenciación)</i>	Agrupar, adjuntar, anteponer, articular, asignar, asimilar, clasificar, colocar, comparar, deducir, derivar, diferenciar, distinguir, enlazar, implicar, incluir, juntar, ordenar, organizar, reunir, situar.
		<i>Valoración</i>	Apreciar, considerar, criticar, dudar, estimar, puntualizar, valorar.
		<i>Ordenación/Clasificación</i>	Clasificar, ordenar, organizar, situar.
		<i>Cálculo/ Inferencia</i>	Calcular, dividir, enumerar, medir, multiplicar, repartir, restar, sumar, disponer, ordenar, agrupar, deducir, suponer, inferir.
		<i>Decisión</i>	Decidir, elegir, afirmar, negar, resolver, confirmar.
		<i>Síntesis Resumen Definición</i>	Sintetizar, definir, resumir, atribuir, determinar, concretar, escoger, excluir, fundir, limitar, reducir, simplificar, unificar, unir, esquematizar.



Almacenamiento y recuperación	Retentiva	<i>Memorización Fijación Evocación</i>	Fijar, evocar, memorizar, acordarse, recordar, adquirir, aprender, asegurar, interiorizar, asimilar, admitir, aprehender, integrar, incorporar.
Codificación y expresión	<i>Creativa</i>	<i>Extrapolación Generalización</i>	Extrapolar, generalizar, ampliar, alargar, añadir, aportar, aumentar, avanzar, complicar, crecer, desarrollar, extender, intercalar, introducir, prolongar, terminar.
		<i>Imaginación Originalidad</i>	Imaginar, adivinar, figurar, proyectar, representar, suponer, prever.
		<i>Cambio</i>	Cambiar, alterar, anular, arreglar, convertir, corregir, intercalar, modificar, mejorar, perfeccionar, pulir, rectificar, reformar, rehacer, remediar, reparar, suplir, sustituir, transformar, variar.
		<i>Interrogación</i>	Preguntar, apelar, consultar, dialogar, proponer, referir, interrogar.
Expresión	<i>Expresiva simbólica</i>	<i>Expresión verbal (oral, escrita, objetiva y persuasiva)</i>	Explicar, aclarar, anunciar, convencer, describir, enunciar, exponer, formular, indicar, justificar, manifestar, mostrar, narrar, opinar, precisar, presentar, señalar, sugerir, decir, dictar, nombrar, predicar, prometer, pronunciar, protestar, referir, reiterar, rogar, hablar, escribir, consignar, firmar, imprimir, publicar, redactar, reseñar, suscribir, titular, transcribir.
	<i>Expresiva práctica</i>	<i>Expresión técnica y artística. Trabajo</i>	Adornar, embellecer, perfeccionar, colorear, confeccionar, diseñar, iluminar, ilustrar, pintar, rayar, dibujar, construir, armar, componer, constituir, deshacer, destruir, dirigir, ejecutar, elaborar, fabricar, formar, fundar, montar, operar, participar, preparar, producir, realizar, reconstruir, trabajar, cortar, serrar, aflojar, apretar, modelar, esculpir, practicar.
		<i>Expresión ética (Obra bien hecha. Servicio)</i>	Asumir, aceptar, comprometerse, avalar, exigirse, obligarse, responsabilizarse, ayudar, servir, socorrer, favorecer, defender, proteger, contribuir, dominarse, controlarse, moderarse, prescindir, afanarse, aplicarse, esforzarse, perseverar, confirmar, dar, compensar, restituir, respetar, contribuir, satisfacer, convivir, auxiliar, coadyuvar, confiar, obedecer, aguantar, colaborar, cooperar.

Fuente: Bernardo *et al.* (2008), p 136-37.

El aprendizaje basado en proyectos promueve, como estrategia de enseñanza-aprendizaje, la conexión con todas estas fases del aprendizaje, demostrando así, ser una propuesta apta para culminar con éxito el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Durante la realización del mismo, el alumno tendrá que observar, identificar, leer e informarse sobre el tema que ha sido seleccionado para organizar y elaborar el proyecto. Después, tendrá que hacer una reflexión de este material encontrado para sintetizar y seleccionar la información útil. Estas acciones, además, se realizarán en un contexto real y autónomo de trabajo por lo que el alumno se responsabiliza en especial medida de cumplir con estas tareas.

Por otro lado, el aprendizaje basado en proyectos es una estrategia válida para conseguir una retención del conocimiento, promoviendo en el alumno construir una experiencia activamente (Thomas, 2000; Barreto et al. 2006).

Como se ha comentado previamente, el Aprendizaje basado en proyectos estimula la creatividad del alumno, ayudándole a extender el conocimiento y facilitando que sea más fácilmente extrapolable a otras situaciones donde pueda ser empleado (Aula Planeta, 2015).

Distintas fases del aprendizaje basado en proyectos garantizan la práctica de la expresión simbólica y práctica. Es más, una de las finalidades de esta metodología es acercar al estudiante a un entorno de trabajo real, de forma que el conocimiento sea directamente puesto en práctica y potencie de esta forma ese valor significativo. Asimismo, apuesta por el aprendizaje colaborativo que aumenta la expresión oral, el intercambio de opiniones y las habilidades sociales.

Para finalizar, el aprendizaje basado en proyectos motiva al alumno a la superación, permitiendo la autoevaluación constante para asegurar cumplir las metas y generar seguridad y autodeterminación en el estudiante.

2.4-. El aprendizaje basado en proyectos en ciencias

En el caso concreto que nos ocupa, una materia de carácter científico experimental, como Biología y Geología, algunos estudios confirman que una metodología más práctica en las aulas puede promover mejores resultados que aquellas que continúan con una metodología basada en contenidos conceptuales (O'Neill y

Polman, 2004; Polman, 2010; Rodríguez-Sandoval, Vargas-Solano y Luna-Cortés, 2010).

El aprendizaje basado en proyectos, como se comprueba de estos estudios, es una metodología más extendida en educación superior, más que en educación secundaria, donde se encuentran menos ejemplos, aunque algunas propuestas han funcionado realmente bien, como por ejemplo el caso de Zombiología, una idea basada en trabajo por proyectos y gamificación que ha sido reconocida como finalista a *Best Gamification Project* de los *Gamification World Awards* en 2015 (Vallejo, 2015).

En el caso concreto de genética, se han iniciado algunas actividades parecidas a las de la presente propuesta, donde los alumnos han podido observar caracteres e identificar su fenotipo y genotipo, aunque éstas se han realizado de manera puntual y no como proyecto para valorar el flujo de estos caracteres en la familia de los estudiantes o en una muestra poblacional de varios cursos, como se propone en este trabajo (CPR Colegio Plurilingüe Sagrado Corazón, 2015). Alguna de estas propuestas, realizadas en aulas de secundaria de institutos españoles, han sido reconocidas por los premios Joaquín Sama a la Innovación Educativa. La profesora Inmaculada Espárrago, impulsora de la plataforma “El aula virtual de Ciencias del mundo Contemporáneo” fue premiada en los XVIII Premios Joaquín Sama a la Innovación Educativa 2012, en la modalidad de Escuela del siglo XXI, por su iniciativa, una plataforma web que incluye varios contenidos relacionados con ciencias (Ayuntamiento de Llerena, 2012). Muchas de estos contenidos, se basan en la metodología de aprendizaje basado en proyectos y, una de ellas, incluida en el programa “Profundiza, la ciencia a fondo”, es similar a la propuesta presentada en este estudio: “Investigando los genes, los genes de mi familia”, donde también se plantea a los alumnos la observación de algunos caracteres en ellos mismos y su familia (Espárrago, 2013).

También se pueden encontrar en la web algunas comunidades y grupos de trabajo que comparten experiencias o solicitan consejos para iniciar proyectos de aprendizaje con sus grupos de estudiantes, lo cual afirma que esta es una metodología viva y en expansión. Uno de estos ejemplos puede encontrarse en el grupo “Trabajo por proyectos para Biología y Geología” en la red social Google+, una comunidad pública donde cualquier docente puede unirse y aportar sus experiencias o dudas. Se puede consultar a través del siguiente enlace:

<https://plus.google.com/communities/109634656031825096567>

El éxito de estas propuestas, son garantía de la eficacia y buenos resultados esperables en esta metodología de aprendizaje basado en proyectos, y son fuente de motivación para que los docentes puedan arriesgar a innovar con seguridad en sus aulas, con ideas alternativas que fomenten al alumno a sentirse cada vez más ilusionado por aprender nuevos conocimientos durante su periodo de educación secundaria.

2.4.1-. Importancia del aprendizaje basado en proyectos en el ámbito educativo en ciencias

Maldonado (2008), afirma que “Uno de los objetivos principales del proceso de aprendizaje es formar personas capaces de interpretar los fenómenos y los acontecimientos que ocurren a su alrededor” (p. 159).

El objetivo último de la educación es conseguir un aprendizaje significativo para el alumno, que perdure en conocimientos a largo plazo y origine experiencias motivadoras en el aula. El objetivo de la educación en ciencias, en concreto, es promover el pensamiento científico (Marín, 2003). Para conseguirlo, incluir actividades que simulen un entorno de trabajo científico, donde se realice observación y actividades de experimentación o investigación pueden tener un importante papel (Chinn y Malhotra, 2002).

El aprendizaje basado en proyectos en una asignatura de ciencias ofrece las mismas ventajas que utilizar esta metodología en cualquier otro ámbito, pero además garantiza una mayor experimentación con el contenido que puede ser de gran ayuda a la hora de comprender y visualizar cómo ocurren los fenómenos científicos que componen el estudio de estas materias. La forma de intuir y ampliar el conocimiento científico a lo largo de la historia ha sido mediante la experimentación con los fenómenos naturales y el diseño de proyectos que prueben como estos fenómenos ocurren de manera empírica. Si tenemos esto en cuenta, es fácil relacionar como el aprendizaje en ciencias siempre se ha consolidado por una metodología muy parecida al aprendizaje por proyectos, siguiendo patrones propuestos por el método científico. Siendo así, planificar un aprendizaje de índoles científico basado en proyectos en el aula es simular el entorno más real posible del aprendizaje y avance científico.

2.4.2-. Relación del aprendizaje basado en proyectos con el Método Científico

El método científico es una herramienta que ofrece una serie de pasos y prácticas que son utilizados por la comunidad científica para validar las teorías científicas. Ejecutar los pasos del método científico de manera rigurosa permite la obtención de resultados muy confiables (Ciencia para ti, 2014).

Método Científico - Etapas

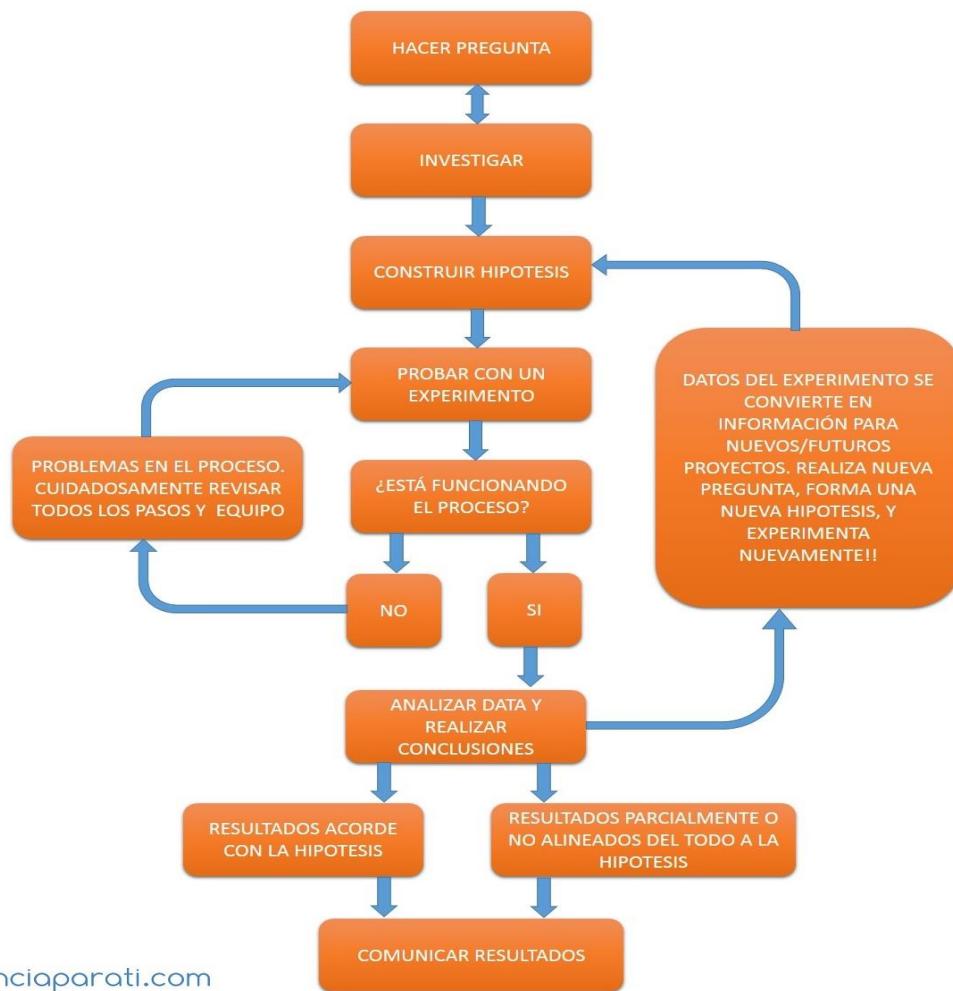


Figura 1: Etapas del método científico.
Fuente: Ciencia para ti (2014).

Si se observan con detenimiento los pasos del método científico, se puede apreciar la homología con las fases de las que consta el aprendizaje basado en proyectos que han sido comentadas previamente en este estudio.

Partiendo del planteamiento de una pregunta en el método científico, al igual que hacemos con la elección del tema en el aprendizaje basado en proyectos. En el aprendizaje basado en proyectos, también se realiza una investigación sobre el tema a tratar y de esta investigación surgen unas hipótesis que definirán los objetivos del proyecto que involucrará a los alumnos.

Durante el proceso del aprendizaje basado en proyectos, al igual que en el método científico, es importante realizar una evaluación y revisión del proceso, a la par que se reflexiona sobre los datos que se van obteniendo para reformular si fuera preciso la información de la que disponemos, con el fin último de obtener los objetivos y comprobar las hipótesis.

Los datos obtenidos se discutirán y se analizarán para determinar unas conclusiones finales del proyecto, al igual que se concluyen los datos de una investigación científica.

Para finalizar, en el ámbito científico, se publican los resultados, a partir de los cuales se nutre toda la comunidad científica. Esta parte también concluye el Aprendizaje basado en proyectos con la finalidad de que el alumno practique la fase expresiva del aprendizaje y detecte la significación de culminar el proceso.

En el caso de aprendizaje basado en proyectos es especialmente útil seguir una estructura del proyecto acorde con el método científico para familiarizar al estudiante con la forma de trabajo real en ciencias, cual aporta un valor añadido a la hora de elegir esta estrategia de aprendizaje en un aula de Biología y Geología.

3-. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN I. LA HERENCIA Y LA TRASMISIÓN DE LOS CARACTERES

Desde que el hombre comenzó a cultivar los campos y a criar ganado, empezó, sin saberlo, a “manipular” la vida. Para llegar a entenderlo tuvo que pasar mucho tiempo. En el siglo XIX se comienza a hablar de características hereditarias, de herencia, de evolución. Mendel y Darwin iniciaron una revolución científica que aún hoy da sus frutos (Gallori, 2012, p.9).

En este proyecto, se propondrá una propuesta de intervención, relacionada con un bloque de contenidos de la Teoría de la Herencia Genética, de la asignatura Biología

y Geología. Se analizará la propuesta de mejora y los objetivos específicos para este bloque de contenidos. Además, se especificará una temporalización real y factible, así como los recursos necesarios para llevarla a término. Se discutirá un posible método de evaluación adaptado para esta propuesta, que permita evaluar el nivel de conocimientos adquiridos por el alumno y la efectividad de la propuesta en ello. Se compondrán distintas actividades basadas en la metodología del aprendizaje basado en proyectos.

La propuesta planteada, persigue estimular su curiosidad y motivación en los alumnos para querer conocer más sobre este tema. Esta propuesta, puede acrecentar el desarrollo y puesta en práctica de los conocimientos teóricos para asentar sus bases y conocer su aplicación y fundamento. En adición, contribuye al desarrollo de las habilidades transversales comentadas anteriormente, las cuales resultan altamente beneficiosas para este alumno, que termina una etapa secundaria y puede acceder al mundo laboral o continuar su formación hacia un nivel superior donde necesitará trabajar de una manera más autónoma, organizada y crítica.

Finalmente, se establecerán unas conclusiones generales, se evaluarán los pros y contras de esta estrategia y se analizarán las ventajas que pueda aportar esta metodología *versus* a la tradicional clase magistral.

3.1-. Presentación y análisis de la situación educativa

En este trabajo se propone una actividad basada en el modelo del aprendizaje basado en proyecto, relacionado con el contenido del bloque temático de Genética, que corresponde según el Real Decreto 1631/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria y 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, al curso 4º ESO. Es el último curso de la secundaria, por lo tanto, se presupone una considerable madurez en el alumno para implementar un proyecto de esta magnitud. La actividad, que se desarrollará en los siguientes apartados, persigue asimilar los fundamentos que gobiernan la Genética de una forma muy práctica.

El panorama educativo actual afronta este bloque de unidades didácticas en genética según la LOE con los siguientes apartados:

El mendelismo. Resolución de problemas sencillos relacionados con las leyes de Mendel. Genética humana. La herencia del sexo. La herencia ligada al sexo. Estudio de algunas enfermedades hereditarias. Aproximación al concepto de gen. El código genético. Las mutaciones. Ingeniería y manipulación genética: aplicaciones, repercusiones y desafíos más importantes. Los alimentos transgénicos. La clonación. El genoma humano. Implicaciones ecológicas, sociales y éticas de los avances en biotecnología genética y reproductiva.

La propuesta que se va a tratar en este trabajo, abarcaría los apartados de mendelismo y hasta el estudio de las mutaciones, pero desarrollado con un planteamiento propio del aprendizaje basado en problemas, con el fin de adquirir una forma más práctica para el alumno, alternativa a la resolución de problemas sencillos aleatorios y que se espera más motivadora para ellos.

La genética, funciona para ellos mismos como individuos que presentan un genoma con distintas combinaciones génicas, de igual forma que los sujetos ficticios planteados en problemas. De forma que, este proyecto pretende acercar la genética a la observación real de los caracteres visibles de los propios alumnos y sus familias, planteando una actividad donde los alumnos sean los protagonistas, donde puedan hacer sus propias observaciones reales y obtener unos resultados que prueben cómo funcionan las Leyes de Mendel.

En este proyecto, se analizarán una serie de caracteres físicos prefijados que tienen un componente hereditario y que sean fácilmente identificables por los alumnos. Se facilitará a los alumnos un dossier donde podrán encontrar los caracteres que se desean observar y analizar, ilustrado con fotografías y comentado con una breve descripción del carácter fenotípico y el tipo de herencia. En este trabajo, se incorpora un ejemplo de dossier en el apartado 3.3.3-. Propuesta de actividades. Este proyecto contará con una serie de fases que se describen en el gráfico a continuación (Figura 2).

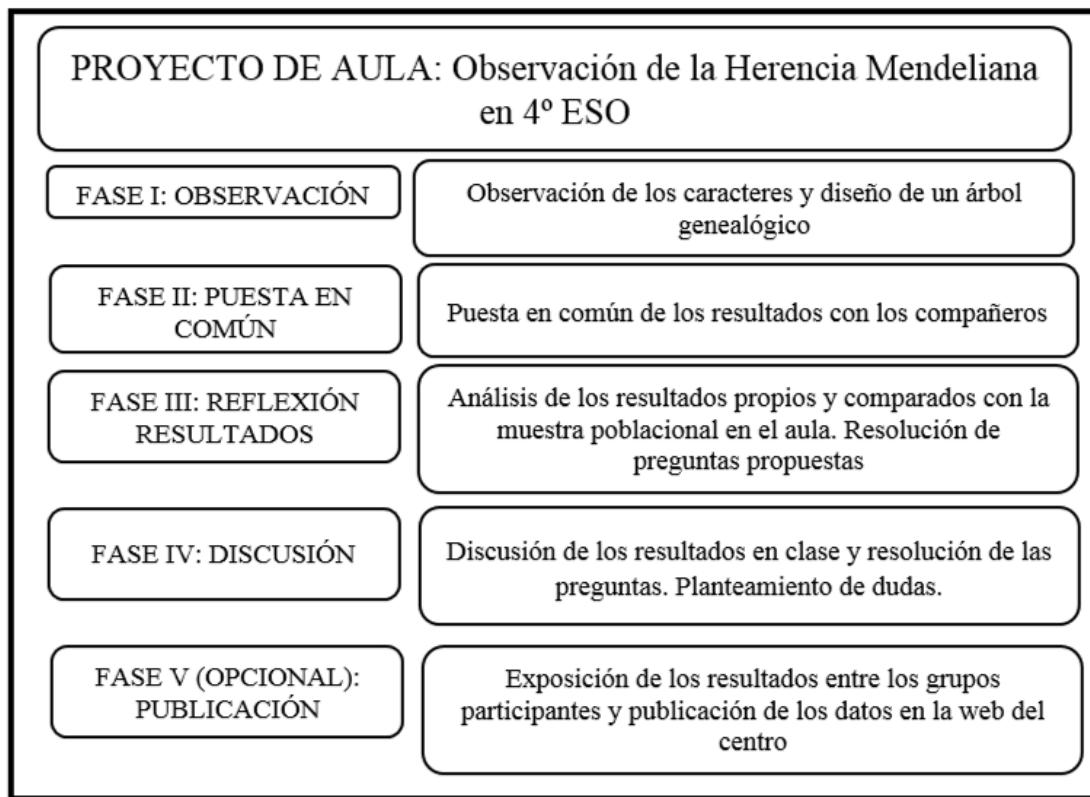


Figura 2: Resumen del proyecto.
Fuente: Elaboración propia.

Los alumnos conocerán en todo momento las fases del trabajo y los tiempos que tendrán para realizar cada fase, los cuales se pueden consultar en el apartado 3.3.2-. Planificación de acciones y temporalización.

La metodología empleada en cada una de las fases se desarrollará de una forma completa en el apartado específico, 3.3-. Metodología.

Este proyecto se plantea con posibilidad de realizarlo en un grupo durante un año académico, en varios grupos en el mismo año académico o durante varios cursos académicos. Por razones de temporalización, en el presente estudio se analizará la propuesta de intervención y los hipotéticos resultados que se obtendrían, atendiendo a información contrastada por otros estudios con propuestas de aprendizaje basada en proyectos, pero no podrá evaluarse in situ en las aulas a día de hoy.

3.2-. Objetivos

La propuesta de intervención que se propone en este trabajo tiene como objetivo general estimular en los alumnos el reconocimiento de caracteres que tienen un carácter hereditario. Una vez identificados estos caracteres, deberán saber diferenciar correctamente cuál es el fenotipo y a qué genotipo corresponde para familiarizarse con el lenguaje técnico empleado en el campo de la Genética. Además, deberán hacer una investigación lo más profunda posible sobre el origen de ese genotipo y previsiones sobre la evolución del mismo. Por último, un análisis de los datos y una puesta en común, permitirá hacer un pequeño estudio poblacional y estadístico sobre los rasgos genéticos presentes en los alumnos del aula participante. Este procedimiento, recuerda al método científico, por lo que este proyecto pretende acercar al alumno a la forma de trabajo que se utiliza en ciencia.

Además de esta serie de objetivos relacionados directamente con el estudio del contenido incluido en el currículo propuesto para este curso, esta actividad alienta a los alumnos a adquirir una serie de competencias transversales que también son objetivo de este trabajo y se han relacionado con cada fase en la columna de competencias adquiridas en la Tabla 2. Entre ellas, se encuentra el desarrollo de una mayor autonomía del alumno para desarrollar un proyecto del cual será protagonista. Los alumnos de secundaria suelen realizar actividades de corta duración, que una vez completadas no se analizan ni se discuten con tanta profundidad como es este caso.

Estas características hacen de esta actividad, una alternativa idónea para aprender a planificarse y adquirir una habilidad de dedicación a un proyecto a medio-largo plazo y con actividades de puesta en común y análisis de manera continua. Esta actividad requiere una gran capacidad de organización y responsabilidad tanto individual como colectiva.

Tabla 2: Objetivos del proyecto.

FASES DEL PROYECTO	OBJETIVO	COMPETENCIAS ADQUIRIDAS
FASE I	Fomentar la curiosidad del alumno por el entorno que le rodea. Aprender a observar los hechos biológicos a su alrededor. Apreciar el flujo genético de nuestros	Autonomía, responsabilidad, gestión del tiempo, creatividad.

	caracteres en su familia. Familiarizarse con vocabulario técnico en genética. Saber diferenciar Genotipo de Fenotipo.	
FASE II	Aprender a comunicar los resultados científicos obtenidos a partir de las observaciones realizadas.	Trabajo en equipo. Habilidades comunicativas para emitir un juicio crítico y colaborativo. Escucha activa. Respeto a los compañeros. Capacidad crítica y reflexiva.
FASE III	Reflexión de los resultados y discusión de los mismos.	Capacidad reflexiva, retentiva y creativa. Capacidad de integración y compresión. Expresión simbólica. Criterio de búsqueda bibliográfica.
FASE IV	Discusión en equipo de los datos.	Trabajo en equipo. Habilidades comunicativas. Escucha activa. Respeto a los compañeros. Capacidad crítica, reflexiva y creativa. Expresión oral. Capacidad de retención y comprensión de la materia.
FASE V	Publicación de los resultados para evaluación global y posible continuidad del proyecto. Aprender a publicar los resultados científicos.	Autonomía. Interés por la continuidad de un proyecto. Expresión simbólica de resultados. Capacidad de involucrar a la comunidad educativa. Difusión social de los resultados.

Fuente: Elaboración propia.

3.3-. Metodología

La metodología propuesta para esta actividad se ha diseñado con el fin de involucrar al alumno en el aprendizaje realizando un trabajo autónomo para alcanzar unos objetivos comunes en una única actividad que tiene un carácter continuo, de forma que exige al alumno una mayor dedicación, como se ha comentado en el apartado previo, 3.2-. Objetivos.

Al introducir esta propuesta, se ha comentado que el grupo de alumnos participantes, realizará un proyecto que consta de 5 fases, tal cual se ha resumido en la Figura 2: Resumen del proyecto.

Al inicio del proyecto, se repartirá un dossier que servirá de guía y cuaderno de trabajo al alumno. Se ofrece un ejemplo de dossier en este trabajo, en el apartado 3.3.3-. Propuesta de actividades, Figura 4: Ejemplo de dossier para los alumnos.. Con este dossier, los alumnos entrarán en una primera fase, la fase de observación, donde deberán analizar sus propias características fenotípicas para descubrir cuál es su genotipo relacionado con estos caracteres. Además, tendrán la posibilidad de comprobar si este genotipo que ellos presentan efectivamente tiene un carácter hereditario, ya que deberán analizar el fenotipo y genotipo de sus padres, hermanos, abuelos y todos los familiares que puedan observar. Con estos datos, el alumno podrá tener una idea de cómo estos caracteres han pasado de generación en generación y podrá componer un pequeño árbol genealógico familiar.

Tras esta primera etapa, el proyecto de investigación pasará a la fase II, donde se pretende realizar una puesta en común de los resultados en el aula. En esta fase se estimula a los alumnos a conocer los resultados para poder compartirlos con sus compañeros y es la fase que promueve el carácter grupal de la actividad. Se establecerá un pequeño debate en clase para analizar qué genotipos son más frecuentes en el aula, teniendo en cuenta la multiculturalidad que puede existir y que enriquecerá la variabilidad genética de esta muestra poblacional. Durante esta fase, el profesor puede contar con una hoja de cálculo donde contabilizará cuántos caracteres de fenotipo dominante frente a fenotipo recesivo aparecen entre los alumnos y realizar un estudio estadístico de la población del aula. Este estudio puede ser de mayor o menor complejidad, comparando según el árbol genealógico, si los caracteres son configurados por un genotipo homocigoto o heterocigoto, e ir buscando entre los árboles

genealógicos el flujo de esos alelos. Cuanto más complejo permita el estudio, más cantidad de conceptos pueden ir interiorizando estos alumnos con esta actividad.

Una vez tengamos este análisis estadístico, los alumnos estarán preparados para enfrentarse a la fase III. En esta fase se pretende fomentar la etapa del aprendizaje reflexiva del alumno para comprender cómo funcionan estos procesos genéticos y cómo afectan de igual manera sobre él y su familia que sobre el resto de sus compañeros. El profesor, repartirá copias para los alumnos de los resultados que se hayan podido extraer de la puesta en común para que de manera individual o por grupos puedan emitir un informe sobre la variabilidad genética que se ha podido observar en clase, los caracteres más comunes en la población en el aula y, al ser posible, la predicción que se espera de esos caracteres en su futura descendencia. Esta fase también puede tener mayor o menor dificultad, dependiendo del tiempo que se disponga y de la autonomía que se espera en los alumnos. Por tanto, se puede plantear a modo de actividades o preguntas a responder con los resultados obtenidos o de forma más abierta para configurar un trabajo de tipo reflexivo. En el apartado 3.3.3-. Propuesta de actividades, se proponen unas preguntas para completar esta fase III.

Durante toda la actividad, se recomendará al alumno consultar bibliografía para completar su trabajo y emitir unos resultados que se discutirán posteriormente. El profesor de la asignatura seguirá y apoyará esta investigación para orientar al alumno siempre que lo precise y solventar las dudas que puedan surgir durante la realización del proyecto.

Una vez analizada la información y discutida en la fase III, sería muy interesante realizar de nuevo una puesta en común, la fase IV, que coincida en el tiempo con el final del bloque temático de la Genética. En esta fase, se comprobará el nivel de retención de los alumnos sobre los conocimientos aprendidos y se puede poner en práctica planteando problemas relacionados con la actividad o con la genética en general para descubrir si los alumnos son capaces de poner en práctica los conocimientos aprendidos. Esta fase será de gran utilidad para el profesor para evaluar cómo ha funcionado la actividad y si ha obtenido un aprendizaje significativo para sus alumnos.

Por último, de manera opcional pueden realizarse un análisis poblacional más amplio, si han participado varias aulas, comparando los resultados obtenidos entre ellas. Esto se puede hacer de manera conjunta entre las aulas, pero sería más

complicado por compatibilidad de horarios. Para subsanarlo, el profesor puede comentar en cada grupo de manera independiente los datos obtenidos en el resto de grupos de alumnos, de forma que los alumnos puedan comprobar que las leyes de la genética salen de esa aula y funciona en todas las poblaciones por igual. Además, se pueden publicar los resultados obtenidos en la web, de forma que todos los alumnos, familiares, profesores puedan ser conscientes de los resultados totales obtenidos y cómo los alumnos han trabajado para conseguirlos. Si el proyecto tiene éxito, se puede crear un repositorio donde se acumulen datos de diferentes ediciones y que puedan ser soporte para futuras actividades o preguntas, con una mayor muestra poblacional.

3.3.1-. Destinatarios

La muestra de estudiantes participantes serían los alumnos de un aula de 4º ESO de Biología y Geología. Actualmente, el ratio de alumnos máximo en un aula de secundaria es de 36 alumnos, aunque en 2016 se pretende reducir a un máximo de 30 según se publicó en los medios de comunicación en agosto de 2015 (Cuéllar, 2015).

La propuesta puede implementarse en varias clases de la misma línea de secundaria y compartir luego los resultados del conjunto de participantes. Los resultados pueden publicarse en la página web del instituto, e incluso pueden obtenerse datos acumulados de varios cursos académicos.

3.3.2-. Planificación de acciones y temporalización

Es esencial, en un proyecto de esta magnitud, planificar correctamente las acciones y marcar unos tiempos. Esto ayudará al alumno a trabajar de forma continua y gestionarse el tiempo disponible. Cuando se proponga el proyecto a los alumnos, es importante conocer los tiempos que mejor ajusten al calendario escolar y que ellos lo conozcan en todo momento.

El bloque temático de Genética suele abarcar gran parte de un trimestre del curso. Un trimestre incluye unas 12 semanas. Los alumnos de 4º ESO reciben 2 clases por semana de biología y geología, con lo que serían unas 24h lectivas (sin tener en cuenta algunos festivos). Las primeras 2-3 semanas se deben invertir en la presentación e introducción del bloque de asignatura que corresponde. Para proponer un proyecto así, los alumnos deben contar con conceptos mínimos de los cuales puedan partir como

base, además el bloque que incluye las unidades didácticas de genética incluye algunos temas previos como el núcleo celular, la división celular y algunos conceptos básicos sobre el dogma central de la biología molecular. También hay unos temas posteriores sobre los avances en ingeniería genética y biotecnología que sería interesantes abordar en al menos 1-2 semanas. Esto nos limita a unas 14-16 clases en unas 7-8 semanas en las cuales podría realizarse este proyecto.

La elaboración del proyecto durante estas semanas requerirá trabajo autónomo por parte del alumno, pero también horas lectivas, principalmente para la puesta en común y comentar los resultados finales al menos. Estas horas lectivas dedicadas al proyecto, también servirán al docente para realizar un seguimiento del mismo y la evolución de los alumnos. En el cronograma propuesto, se han tenido en cuenta estas sesiones lectivas dedicadas expresamente a la realización del proyecto.

La mayor carga de trabajo viene determinada por las fases I y III del proyecto, en la cual los alumnos recogen los resultados, los analizan y discuten. Especialmente la fase III que requiere mucha mayor capacidad reflexiva y creativa además de una gran carga de trabajo autónomo. Para estas fases se requerirá para trabajar con comodidad y sin olvidar que los alumnos tienen carga de trabajo de otras asignaturas y no cuentan con plena dedicación para esta asignatura.

Para la primera puesta en común, se necesitarán las clases de una semana lectiva. Para la segunda puesta en común otra semana más. Estas semanas serán claves para el docente a la hora de evaluar la eficacia en el proyecto, la motivación y avance de los alumnos y la significancia de los conocimientos adquiridos. La temporalización, se resume de manera esquemática en el cronograma a continuación.

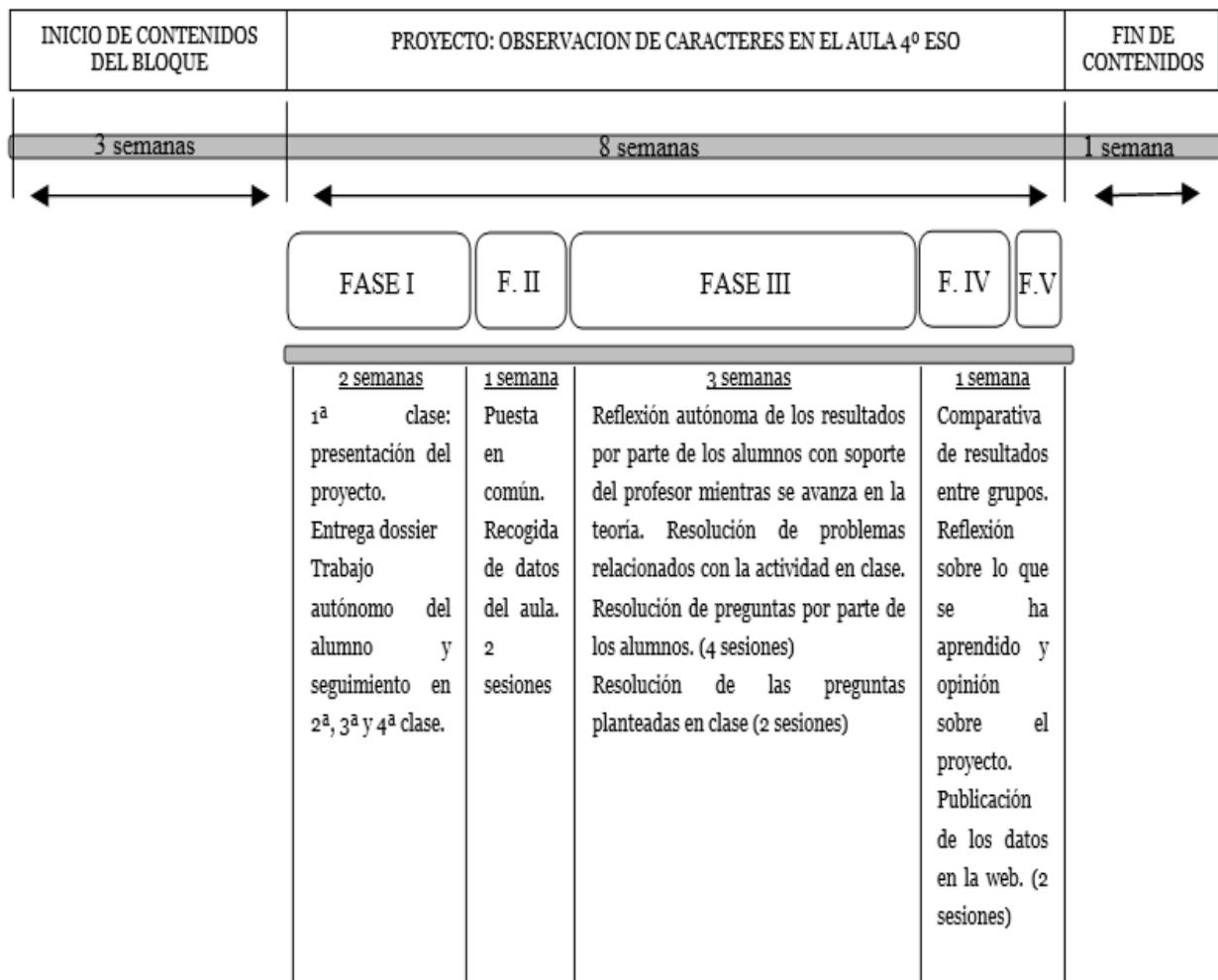


Figura 3: Cronograma del proyecto.
Fuente: Elaboración propia.

3.3.3-. Propuesta de actividades

Para el desempeño de este proyecto, se propone entregar a cada alumno un dossier donde se recogerán distintas características que son heredadas genéticamente y donde se explicará el tipo de herencia para que el alumno pueda identificarlas y conocer el proceso de segregación de estos caracteres para concretar su fenotipo y el/los genotipos probables.

Se adjunta en esta propuesta un posible ejemplo de dossier que podría adaptarse según las necesidades del aula con diferentes caracteres a los que se recogen para este caso (Departamento Antropología Física, 2008; Espárrago, 2012; CPR Colegio Plurilingüe Sagrado Corazón, 2015).

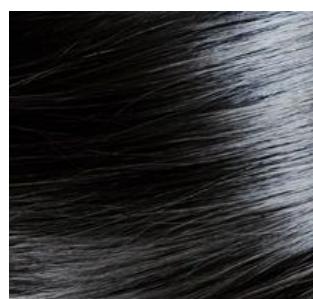
Estudio de la variabilidad genética en el aula

En esta actividad vas a observar una serie de caracteres que tienen carácter hereditario sobre ti mismo y todos los familiares que puedas (padres, hermanos, abuelos, tíos, primos). En este cuaderno de trabajo, encontrarás los caracteres que tienes que observar y podrás marcar en la tabla cuál es tu característica física que expresas (fenotipo) y la de tus familiares. Después, intenta descubrir, según los conocimientos que hayas obtenido en clase sobre la genética, cuál será la combinación de alelos (cada forma alternativa que presenta un gen) para averiguar tu posible genotipo (conjunto de tus genes que posees para ese carácter).

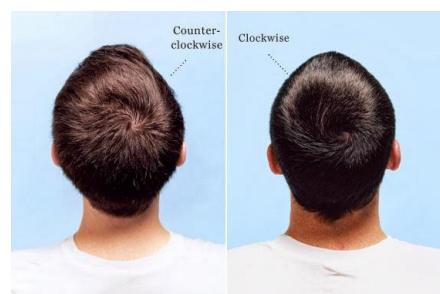
1. CABELLO

Forma: El cabello rizado (R), es un carácter dominante frente al liso (r).

Color: El cabello moreno (M) es dominante sobre el cabello rubio (m).



Remolino: El remolino de tu coronilla también tiene un carácter genético, siendo dominante cuando se enrolla en sentido de las agujas del reloj (W) y recesivo cuando lo hace en sentido contrario (w).



Presencia de pico de viuda: la línea frontal del cabello puede ser continua o con un pico central (pico de viuda). La presencia de Pico de viuda es dominante (Y), frente a la ausencia, recesivo (y).



2. COLOR DE OJOS

El color de ojos depende de varios genes que codifican para una mayor cantidad de melanina en el iris. Cuanta más melanina, más oscuros serán nuestros ojos. En general los ojos castaños son dominantes (C) frente a los ojos azules recesivos (c). ¿Qué podría ocurrir si tus ojos son verdes?

3. OREJAS Y OÍDO

Si te fijas, hay personas que tienen el lóbulo de la oreja libre, mientras que otras lo tienen pegado a la mejilla. Este carácter también es genético: Lóbulo libre es dominante (F) mientras que el lóbulo unido es recesivo (f).



Además, algunas personas presentan una protuberancia del cartílago del hélix de la oreja, que se llama tubérculo de Darwin. Su presencia es dominante (D), frente a su ausencia (d).



El cerumen en el oído también es variable entre personas, existe un cerumen amarillento-marrón pegajoso que es dominante (Z), frente a un cerumen seco y escamoso de color gris que es recesivo (z). Puedes utilizar un bastoncillo con cuidado para tomar una pequeña muestra y observar el tuyo.

4. HOYUELOS

Algunas personas pueden presentar un hoyuelo en las mejillas al sonreír, este carácter es también hereditario, siendo dominante la presencia del hoyuelo (H) frente a su ausencia (h).

También puede haber un hoyuelo en el mentón, que de igual modo es dominante su presencia (B), frente su ausencia (b).



5. LENGUA

Algunos movimientos que pueden realizarse con la lengua tienen un componente genético, por ejemplo, la capacidad de enrollar la lengua. No te sientas más torpe si no puedes realizarlo, ¡los genes no te acompañan!

Capacidad de enrollar la lengua



capacidad de enrollar la lengua



incapacidad de enrollar la lengua

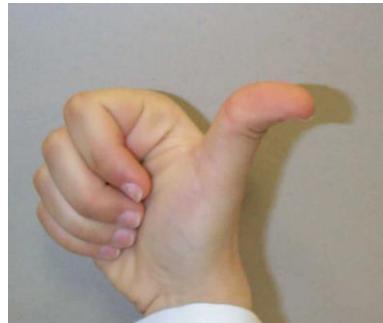
La capacidad de formar una U con la lengua es heredada de manera dominante (U), frente a la incapacidad (u).

Algunas personas también pueden volver la lengua hacia atrás, en este caso es recesivo (t) frente a las que no pueden hacerlo (T). Ambas habilidades se heredan de forma independiente.



6. MANOS

Pulgar extensible o de autoestopista: algunas personas pueden extender hacia atrás la primera falange del pulgar, hasta formar un ángulo de casi 45º. Este carácter es recesivo (a) frente a la incapacidad de hacerlo que es dominante (A).



Pelo en las falanges mediales: Algunas personas poseen pelo en las segundas falanges de los dedos. Puede haber variaciones de la expresión de este carácter y presentarse en 2, 3 ó 4 dedos. La presencia es un carácter dominante (PF) frente a la ausencia recesivo (pf).

Longitud relativa del dedo índice: Algunos caracteres pueden ser dominantes en sexo masculino y recesivos en femenino y viceversa. Este es uno de ellos. El índice más corto que el anular (S^C) es dominante en hombres, mientras que el índice más largo que el anular (S^L) es dominante en mujeres:

HOMBRES: $S^C > S^L$

MUJERES: $S^L > S^C$



Tendones en la muñeca: Cierra el puño y flexiona la muñeca. Observa el número de tendones que ayudan a esta flexión. La presencia de 2 tendones es el fenotipo dominante (P) mientras que la presencia de un tercer tendon central (el *palmaris longus*) es recesivo. Solo un 10% de la población presenta el fenotipo dominante.



Entrecruzamiento de dedos y pulgares: si el pulgar izquierdo queda sobre el derecho al entrecruzar los dedos de las manos es la forma que se hereda de forma dominante (I). Si el pulgar derecho queda sobre el izquierdo es la forma recesiva.



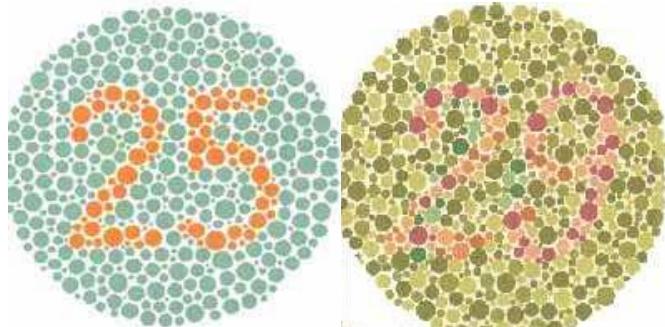
7. DISCROMATOPSIAS

Las discromatopsias son anomalías en la visión o percepción del color. Las personas que las presentan se conocen como daltónicos. Puede haber de varios tipos y están ligadas al cromosoma X de manera recesiva. Los varones, al tener un solo cromosoma X si presentan el alelo recesivo manifestarán la anomalía. Las mujeres presentan dos cromosomas X por lo que tienen que tener los dos alelos recesivos para manifestarla. Esto supone que sea más probable encontrar un varón daltónico que una mujer daltónica. Estos serían los genotipos que configuran el daltonismo X^dY para hombre, X^dX^d para mujeres. Por otro lado, como el hombre hereda el cromosoma X de la madre, el alelo recesivo por el cual manifiesta la enfermedad el varón siempre procede de su madre, que puede (X^dX^d) o no (X^DX^d) padecer daltonismo.

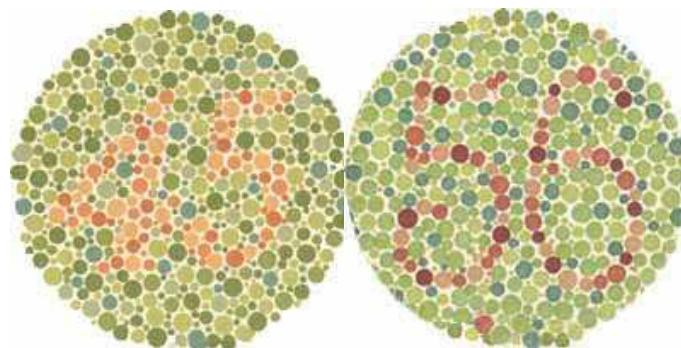
Existen varios tipos, pero las más frecuentes son las anomalías en la región del rojo-verde:

- Tipo Protan: Ve el rojo como gris (25-40% de los daltónicos)
- Tipo Deutan: Ve el verde como gris (60-75% de los daltónicos)

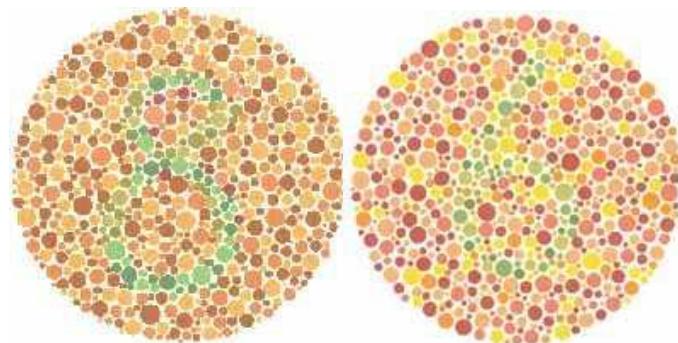
Para la valoración de estas anomalías se utilizan las Tablas de Ishihara, diseñadas por el profesor japonés Dr. Shinobu Ishihara (Ishihara, 1918). Estas tablas poseen 38 láminas de diferentes colores que forman números o caminos y que se ven diferente numeración si eres daltónico o no.



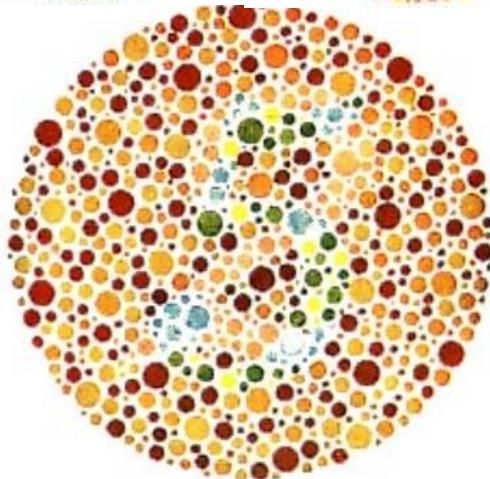
La visión normal vería un 25 y un 29. Una persona daltónica vería el 25 pero no distingue ningún número en la imagen derecha



La visión normal vería un 45 y un 56. Una persona daltónica vería el 56 pero no distingue ningún número en la imagen izquierda.



La visión normal vería un 8 y un 6. Una persona daltónica no distinguiría ningún número



La visión normal vería un 5, una persona daltónica vería un 2 en esta lámina

Figura 4: Ejemplo de dossier para los alumnos.

Fuentes: Ishihara (1918); Departamento Antropología Física (2008); Espárrago (2012); CPR Colegio Plurilingüe Sagrado Corazón (2015); Google Images (2015).

Después de reconocer cada uno de estos caracteres sobre ellos mismos, se propondrá a los alumnos que rellenen la siguiente tabla para determinar si saben reconocer su fenotipo y genotipos posibles.

Tabla 3: Tabla de resultados individuales.

RASGO	FENOTIPO	GENOTIPOS POSIBLES	DOMINANTE/RECESIVO
CABELLO FORMA			
CABELLO COLOR			
REMOLINO			
PICO DE VIUDA			
COLOR OJOS			
LOBULO OREJA			
TUBERCULO DE DARWIN			
CERUMEN			
HOYUELO EN MEJILLAS			
HOYUELO EN MENTÓN			
ENROLLAMIENTO DE LA LENGUA			
PLEGAMIENTO DE LA LENGUA			
PULGAR AUTOESTOPISTA			
PELO EN FALANGE MEDIA			
LONGITUD DEDO ÍNDICE			
TENDONES MUÑECA			
ENTRECRUZAMIENTO DE DEDOS			
DALTONISMO			

Fuente: Departamento Antropología Física (2008); Espárrago (2012); CPR Colegio Plurilingüe Sagrado Corazón (2015).

Además, se pedirá al alumno que seleccione alguno de estos caracteres e intente elaborar un árbol genealógico analizando la segregación del mismo en su familia, lo más completo posible. La actividad se puede establecer de mayor o menor dificultad valorando uno o varios caracteres en la familia para que el alumno pueda ver la independencia de segregación de cada uno de los genes que codifican para cada carácter y que confiere la variabilidad que puede observar en su familia y en sus

compañeros. Sería interesantes analizar varios caracteres entre los compañeros de clase para poder ver esta independencia en conjunto, por lo que el profesor puede determinar qué carácter debe analizar cada alumno.

Tras esta primera fase de observación y elaboración del árbol genealógico, se llevará a cabo una puesta en común, para realizar un pequeño estudio poblacional donde se buscará valorar la variabilidad presente en el aula. Para ello, se completará en clase el siguiente cuadro y se extraerán gráficos de probabilidad que serán posteriormente analizados por el alumno.

Tabla 4: Tabla de resultados de aula.

RASGO	Nº TOTAL ALUMNOS	Nº FENOTIPOS DOMINANTES	FRECUENCIA RELATIVA DOMINANTE (%)	Nº FENOTIPOS RECESIVOS	FRECUENCIA RELATIVA RECESIVO (%)
CABELLO FORMA					
CABELLO COLOR					
REMOLINO					
PICO DE VIUDA					
COLOR OJOS					
LOBULO OREJA					
TUBERCULO DE DARWIN					
CERUMEN					
HOYUELO EN MEJILLAS					
HOYUELO EN MENTÓN					
ENROLLAMIENTO DE LA LENGUA					
PLEGAMIENTO DE LA LENGUA					
PULGAR AUTOESTOPISTA					
PELO EN FALANGE MEDIA					
LONGITUD DEDO ÍNDICE					
TENDONES MUÑECA					
ENTRECRUZAMIENTO DE DEDOS					
DALTONISMO					

Fuente: Departamento Antropología Física (2008); Espárrago (2012); CPR Colegio Plurilingüe Sagrado Corazón (2015).

Tras completar esta tabla en el aula, el profesor puede emitir algunos gráficos de resultados conjuntos como los siguientes.

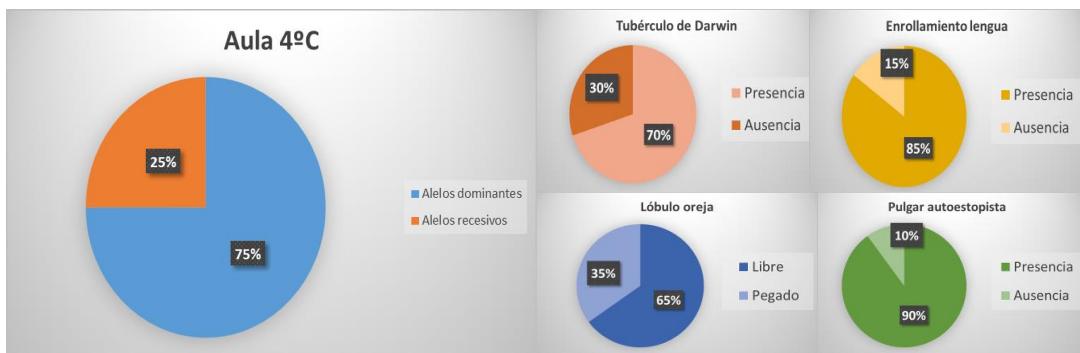


Figura 5: Gráfico de resultados de aula.
Fuente: Elaboración propia.

Este paso puede tener mayor o menor dificultad también. Se puede plantear analizar los resultados en clase, y el profesor después reparte o envía por email/web una tabla de gráficas a cada alumno o grupo de alumnos, si el trabajo se plantea grupal. O bien se puede dejar a los alumnos que ellos analicen los resultados y apoyen estos mediante gráficas que diseñen ellos mismos. Para ello, habría que tener en cuenta el nivel de informática y de programas de análisis de datos que tienen los alumnos participantes.

Con estos resultados, los alumnos tienen que redactar un pequeño informe o memoria donde reflexionen sobre estos datos obtenidos en el aula. Esta parte del trabajo, puede ser individual o grupal, dependiendo del carácter colaborativo que deseé darse al proyecto. Este informe puede ser con una estructura más o menos libre, dándole cierta libertad a ampliar dificultad de nuevo. Sin embargo, es recomendable establecer unas pautas para obtener unos trabajos más homogéneos y guiar al alumno hacia los puntos importantes que se quieren analizar y que se consideren adecuados para alcanzar sus objetivos de aprendizaje.

Para ello, se les puede proponer responder a algunas preguntas de reflexión como, por ejemplo:

- 1) ¿Por qué suele ser más frecuente observar un fenotipo dominante? ¿Por qué es más complicado encontrar una mujer daltónica que un varón daltónico? Busca bibliografía complementaria sobre otras enfermedades ligadas al sexo.

- 2) Si mi madre es capaz de plegar la lengua en U y mi padre también, ¿Es posible que yo como su hijo no sea capaz de hacerlo? Razona tu respuesta planteando los genotipos posibles y el cruzamiento.
- 3) Tras tres generaciones en una familia con pelo oscuro y ojos oscuros, nace un niño de ojos claros y pelo rubio. Completa el árbol genealógico con los genotipos probables para que pueda darse esa situación:

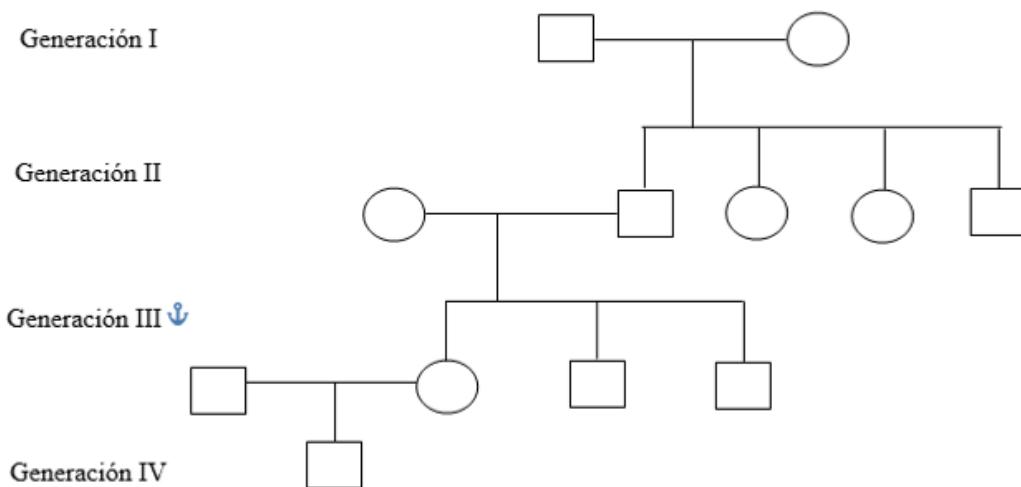


Figura 6: Pedigree para actividad.
Fuente: Elaboración propia.

- 4) Si el niño del ejemplo anterior se casara con una mujer también rubia de ojos azules, ¿podría tener descendencia morena con ojos oscuros? Razona la respuesta proponiendo el cruzamiento.
- 5) Si en el árbol genealógico de la pregunta 4 apareciera una mutación que afecta a los gametos del padre o madre de la generación I y el primer hijo naciera con una enfermedad que se hereda de manera dominante pero que sólo afecta a uno de sus cromosomas. ¿Podría heredar la enfermedad el niño de la generación IV? ¿Con qué probabilidad? ¿Y si esta patología estuviera ligada al cromosoma X?
- 6) Observa cómo entrecruza los dedos tu compañero de al lado. ¿Puedes averiguar cómo los cruzarán sus padres?

- 7) Con los resultados obtenidos en tu árbol genealógico. Calcula la frecuencia de fenotipo dominante/recesivo de tu posible descendencia para el gen que has evaluado.

Estas preguntas podrían servir para conocer la asimilación de los conceptos que han interiorizado los alumnos realizando este proyecto y pueden dar al docente una idea bastante certera del grado de implicación de los alumnos y del nivel de conocimientos adquiridos en este bloque temático.

3.3.4-. Recursos humanos, materiales y económicos

Para la realización de este proyecto se dotará a los alumnos de un dossier, creado por el profesor que coordinará el proyecto, que incluirá los caracteres que el alumno tendrá que identificar y estudiar sobre sí mismo, al ser posible sus familiares directos (padres, abuelos, tíos, primos) y sus compañeros. Este dossier, es recomendable que incluya fotografías ilustrativas que ayuden al alumno en esta identificación y una breve explicación sobre el tipo de herencia del carácter que se desea estudiar.

La actividad puede proponerse con recogida de los caracteres de manera fotográfica, en cuyo caso requeriría una cámara de fotos.

Para la puesta en común se requerirá una hoja de cálculo, creada en Microsoft Office Excel, por ejemplo, que permita recoger la información y analizarla estadísticamente. Sería recomendable contar con un proyector o pizarra digital para compartirla con todos los alumnos en directo. Se recomendará al alumno contar con un cuaderno de trabajo donde pueda tomar notas que le ayuden a estructurar la siguiente fase del proyecto. Además, contarán con una tabla para recoger datos de la población del aula. Esta tabla también se adjunta en el apartado 3.3.3-. Propuesta de actividades de este trabajo.

El informe final puede realizarse manual para fomentar la escritura y diseño de un trabajo sobre papel a bolígrafo o a ordenador mediante una plantilla prefijada por el profesor o de libre estructura elegida por el alumno, aunque sería recomendable organizar una estructura común al menos en una serie de puntos propuestos por el

profesor, como las preguntas propuestas en el apartado 3.3.3-. Propuesta de actividades. Para ello, se necesitarían, por tanto, material de papelería o un ordenador, que puede ser aportado por el alumno o facilitado por el centro a través de un aula de informática.

Para la realización del estudio, es altamente recomendable que el alumno complete el trabajo con consulta bibliográfica o webgrafía complementaria.

La web del instituto o una web propia diseñada para el propio proyecto sería un recurso interesante para compartir con la comunidad educativa los resultados del proyecto.

Algunos instrumentos de opinión, como encuestas o puesta en común de feedback sobre el trabajo, comentarios tras la publicación de los resultados en la página web, etc, permitirán al profesor conocer la opinión de los alumnos sobre la actividad propuesta, su grado de carga de trabajo que ha supuesto para este alumno y su percepción subjetiva sobre el aprendizaje en ellos.

3.3.5-. Evaluación

En este trabajo, tiene sentido, no sólo diseñar una evaluación que permita conocer si los alumnos han alcanzado los objetivos esperados para la propuesta, si no conocer también los resultados generales de esta metodología y del funcionamiento de la propuesta en su contribución para la mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Por ello, se proponen dos evaluaciones en este apartado, una evaluación dedicada al proceso que han seguido los alumnos con la finalidad de valorar su rendimiento como participantes del aprendizaje basado en proyectos y una evaluación de los resultados de esta actividad para la mejora educativa.

3.3.5.1-. Evaluación del proceso

En esta actividad, el profesor cuenta con varios puntos a evaluar, tanto referente a actividades académicas como varios parámetros actitudinales y transversales. Para la evaluación de este bloque de contenidos desarrollado en conjunto a esta metodología de aprendizaje basada en proyectos, se tendrán en cuenta cuatro apartados:

- Recogida de datos y diseño del árbol genealógico: Supondrá un 20% de la nota del alumno y se considerará positivamente a aquellos alumnos que recojan una mayor cantidad y exactitud de los datos y elaboren un árbol genealógico más completo, claro y preciso. Evaluar estos resultados permitirá al profesor que realiza el proyecto conocer si alcanza los objetivos propuestos para esta fase. Hacer un primer punto de control en esta fase para evaluar la respuesta del alumno ante la propuesta (entrega de material, dossier completado correctamente, árbol genealógico completo, participación de la familia, etc) ayudará al profesor a plantear continuidad al proyecto.
- Elaboración del informe de resultados y discusión: Se valorará que el alumno sea capaz de interpretar correctamente sus propios resultados y los correlacione con los datos estadísticos del aula. En esta fase se tendrá en cuenta la calidad del trabajo del alumno (buena expresión, desarrollo correcto de los resultados o actividades propuestas, completa con búsqueda bibliográfica) y la adquisición de las competencias transversales (responsabilidad, dedicación, autonomía). Este apartado, constituirá un 30% de la evaluación del trimestre y permite al profesor hacerse una idea muy aproximada de la adquisición del conocimiento por parte del alumno y si este proyecto es apto para alcanzar los objetivos propuestos para el currículo.
- Participación en las puestas en común: tan importante es comprender los resultados y reflexionarlos como compartirlos con los demás, por ello, se valorará de manera independiente la participación del alumno en estas fases colaborativas. Se tendrá en cuenta la escucha activa hacia los compañeros y su actitud durante esta fase (respeto del turno de palabra, respeto hacia los comentarios de sus compañeros, valoraciones positivas hacia el trabajo de otros, actitud crítica-constructiva, etc). También se tendrá en cuenta la participación (participaciones de interés para la clase, actitud colaborativa y constructiva, asimilación de los conceptos, buena expresión oral, etc). Este apartado supondrá un 20% de la nota del trimestre para el alumno. Al ser dos puestas en común, es interesante para el profesor evaluar la evolución del alumno, el grado de adquisición de conocimientos y el incremento de la participación en la segunda puesta en común.

- Examen de contenidos (opcional): Por último, la evaluación mediante examen de los contenidos del bloque temático, proporcionará una aproximación real del nivel de retención y adquisición de los conocimientos que han tenido los alumnos durante este bloque de contenidos enfocada a un aprendizaje basado en proyectos. El examen (o conjunto de exámenes si se requieren), constituirá un 30% de la nota del trimestre para el alumno. Si no desea realizarse examen y evaluar plenamente a los alumnos mediante la realización del proyecto este porcentaje puede repartirse entre los apartados anteriores

Con esta evaluación, se pretende considerar todos los aspectos que engloban el trabajo de los estudiantes durante todo el trimestre y la relación de su mejora y alcance de objetivos con el proyecto en cuestión propuesto. Es un modelo de aprendizaje de evaluación continua pero que integra en igual importancia el trabajo durante el proyecto con la nota del examen de contenidos. Este modelo de evaluación, equilibra de igual manera el aprendizaje teórico y práctico además de motivar al alumno para que sienta una valoración de su trabajo durante todo el trimestre.

3.3.5.2-. Evaluación de los resultados

Analizar la evaluación del proceso nos orientará de los resultados obtenidos con el aprendizaje basado en proyectos, pero existen algunos instrumentos para evaluar su eficacia a largo plazo.

Algunos estudios han realizado evaluaciones que son muy adecuadas y que serían aplicables a la propuesta presentada, como por ejemplo la evaluación que llevaron a cabo en su trabajo Alcober, Ruiz y Valero (2003). Estos autores, tras dos años de la implantación de un proyecto como metodología de aprendizaje para los alumnos, realizaron un análisis de datos y analizaron la opinión de los estudiantes a través de un sistema de encuestas.

Estos autores observaron que el rendimiento de los alumnos que habían participado en esta metodología era muy positivo, y la mayoría de los estudiantes que eran admitidos en su siguiente fase de estudios provenían de los grupos que habían participado en esta metodología. Además, comprobaron que tenía una eficiencia

importante en grupos heterogéneos, puesto que las diferencias entre el grupo añadían un valor añadido al trabajo final.

En segundo lugar, se analizó la percepción del alumno a través de una serie de encuestas. Estas encuestas revelaron un elevado grado de acuerdo con las afirmaciones que se plantearon y la formación recibida. Especialmente fueron significativos los puntos de acuerdo en cuanto a la buena capacidad para el trabajo en grupo y el trabajo por proyectos. Por último, los alumnos recomiendan claramente este tipo de enseñanza. El valor más bajo obtenido en estas encuestas correspondió a la labor de los profesores, lo cual resulta lógico si tenemos en cuenta que su role no es trivial en esta metodología, si no que orienta al alumno en la elaboración del proyecto (Alcober, et al. 2003).

Para evaluar la presente propuesta, también se propondría realizar una observación directa y comparativa de los resultados para el mismo bloque de contenidos entre alumnos que han participado en esta metodología Vs alumnos que estaban aprendiendo con otra metodología diferente. Estos datos pueden compararse entre grupos de un mismo curso académico con distinta metodología, lo cual sería ideal ya que se encuadran en el mismo contexto y además podrían incluso compartir profesores, o resultados de distintas promociones donde se han empleado estas diferencias metodológicas. En este último caso, sería recomendable que el profesor que haya impartido la docencia también sea el mismo para reducir el número de parámetros influyentes. En cualquier caso, siempre se tiene que tener presente que existe cierta inferencia de error en los resultados, ya que los alumnos son distintos y pueden tener distintas cualidades, preferencias y adherencias a este tipo de metodología, también puede variar ligeramente el contexto académico y social entre los cursos académicos y el mismo docente que también influye encarecidamente en los resultados de los alumnos. Sin embargo, este estudio comparativo realizado con una mayor muestra y varios cursos académicos pueden ofrecer una mayor significación estadística para evaluar la eficacia de la propuesta en la consecución de los objetivos.

Por otro lado, también sería altamente recomendable diseñar una herramienta de encuesta para conocer la opinión de los alumnos con respecto al programa de aprendizaje basado en proyectos. A continuación, se ofrece un ejemplo de encuesta que se pueda aplicar:

Encuesta de satisfacción

Responde a las cuestiones que se te plantean a continuación sobre el grado de satisfacción de la metodología empleada en esta clase y el diseño de un proyecto como forma de aprendizaje de los contenidos. Para responder a las preguntas, tiene que tener presente que la evaluación va del 1 al 5 siendo el (1) en total desacuerdo, (2) en desacuerdo, (3) ni de acuerdo ni en desacuerdo, (4) de acuerdo y (5) totalmente de acuerdo. Este cuestionario será anónimo y no será tenido en cuenta para la evaluación académica, sino para conocer tu opinión.

Preguntas	1	2	3	4	5
1. El proyecto de aprendizaje que he realizado me ha servido para comprender los conceptos de la asignatura					
2. Tras realizar el trabajo siento que tengo mayor dominio sobre el tema					
3. El proyecto me ha resultado ameno, fácil de realizar y de interés					
4. El trabajo ha supuesto una carga excesiva de trabajo para mí					
5. El profesor me ha apoyado en la realización del mismo y estoy satisfecho con su implicación en el proyecto					
6. En general, estoy satisfecho con el desempeño del profesor en el proyecto					
7. El trabajo me ha servido para desarrollar las siguientes características					
a) Capacidad de observación de los fenómenos que ocurren a mi alrededor					
b) Comprensión de estos fenómenos y reflexión sobre ellos					
c) Exposición escrita de resultados					
d) Exposición oral de resultados					
e) Autonomía y responsabilidad en mis funciones					
f) Organización y planificación					
g) Ampliación de información mediante búsqueda bibliográfica					
h) Trabajo en equipo					
8. En general, estoy satisfecho del trabajo realizado y me ha gustado esta metodología de impartir la clase					

Comentarios adicionales o sugerencias para futuros proyectos, ¿tú cómo lo plantearías?

Figura 7: Encuesta de opinión para los alumnos.
Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de esta encuesta nos permitirán saber la percepción de los alumnos y su grado de satisfacción con la propuesta que resultará esencial para plantearse puntos de mejora y la continuidad del proyecto los cursos académicos posteriores.

3.3.6-. Resultados previstos

Los resultados esperados con esta propuesta podrían sintetizarse en base a los objetivos que se esperaban con este trabajo, que han sido expuestos al comienzo del mismo y a los objetivos concretos de esta propuesta.

Con este trabajo, se esperaba contribuir a la docencia de las unidades didácticas de Genética de la asignatura Biología y Geología de 4º ESO con una propuesta de innovación en el aula mediante la metodología de aprendizaje basado en proyectos. Como tal, se ha expuesto una propuesta que cumple estas características.

Este proyecto, no se ha llevado a la práctica en estudiantes de secundaria, pero en este apartado, se desarrollarán los resultados que esperan obtenerse, similares a los resultados obtenidos de otras fuentes bibliográficas con propuestas similares y que sí han podido ponerlas en práctica y obtener resultados reales, como se han comentado en el apartado del marco teórico específico, véase 2.4-. El aprendizaje basado en proyectos en ciencias.

Cómo se ha hecho alusión previamente en el apartado 3.1. donde se presentaba la propuesta, con este proyecto se espera estimular todas las fases del conocimiento cognitivo y del aprendizaje en los alumnos, que se han comentado en el apartado 2.3.5-. Relación del aprendizaje basado en proyectos con las Fases del Aprendizaje. Esta tabla que presentaron Bernardo *et al.* (2008), ha servido de inspiración para el diseño de las fases de esta propuesta y de las actividades propuestas para así tener presente actuar en todos los niveles y alcanzar un aprendizaje íntegro.

Las fases que siguen el proyecto están diseñadas para que los alumnos realicen una primera etapa de carácter adquisitivo con una actividad de observación. En esta primera fase, también se induce a la creatividad, proponiendo al alumno establecer su propio árbol genealógico y motivándolo a recoger el mayor número de datos posibles entre sus familiares. Además, cuenta con algunas etapas donde se requiere reflexión por parte del alumno, tanto en esta primera fase, mientras se observan y se analizan los caracteres como cuando se procede a emitir un informe de resultados y se discuten en la fase III. Se espera que la actividad finalice con una etapa retentiva más exitosa de lo que cabría esperar con una clase magistral, ya que se involucra la participación del alumno, y cómo se ha comentado previamente en la introducción, un 80% del aprendizaje se asimila por vivencias o lo que descubrimos por nosotros mismos (National training laboratorios, 1977, citado en Human Vision, 2005). Este trabajo

también puede estimular el pensamiento creativo con el fin de ampliar conocimientos, que puede modularse en mayor o menor medida según la autonomía que se quiera dar al alumno para elaborar su árbol genealógico y su informe de resultados y conclusiones. Además, con las fases II, IV y V, que requieren discusión se persigue fomentar las fases expresivo simbólica y práctica que les ayude a comprender resultados y comunicarlos a sus compañeros para poder finalmente configurar un informe escrito de los resultados a analizados.

El entorno de trabajo es completamente real, ya que la observación de los caracteres es directamente sobre los suyos propios, sus familiares y sus compañeros, lo cual confirma que este trabajo tiene una gran aplicación práctica y real del conocimiento.

Esta propuesta, no sólo espera garantizar un aprendizaje más significativo en el alumno que otras metodologías donde el alumno sea un sujeto pasivo, si no que espera una mayor involucración del alumno en la actividad. Al involucrar al alumno, el objetivo es estimular su motivación en alcanzar los objetivos propuestos, aprender de una forma más divertida y aumentar su grado de responsabilidad en su formación. Se espera que al utilizar un tema de observación sobre caracteres propios capte su atención y curiosidad por conocer su perfil genético y el de su entorno más cercano.

Por otro lado, de manera específica, se espera que asimilen el método científico a su forma de trabajo, con lo que este aprendizaje, pretende integrar esta herramienta tan propia en ciencias en el aula. Para ello, en la fase I del proyecto se establece un periodo de observación donde el alumno pueda plantear hipótesis sobre el funcionamiento de la herencia genética. A partir de estas hipótesis se extraerán unos resultados que se analizarán en conjunto en el aula para realizar un experimento poblacional que permita ampliar la muestra para hacerlo más significativo. Con el conjunto de datos, los alumnos extraerán conclusiones que les permitan manejar correctamente los conocimientos en genética para resolver distintos problemas. Por último, se publicarán los resultados, tal como se comparten en la comunidad científica para compartirlos con la comunidad educativa, que pueda ser de utilidad como antecedentes a futuros trabajos.

Con respecto a la evaluación que se planteaba en el apartado anterior, se espera que sea satisfactoria tanto en el rendimiento de los alumnos como en su opinión con respecto al proyecto.

4-. DISCUSIÓN

El aprendizaje basado en proyectos confiere muchas ventajas en el alumno y el docente para completar con éxito el proceso de enseñanza-aprendizaje. Es una metodología que ofrece multitud de posibilidades en el aula para innovar en la forma de transmitir los conocimientos a nuestros alumnos, causar un mayor impacto en ellos para aumentar su capacidad de retención de los mismos, motivarles a aprender con un mayor nivel de implicación y, lo que es más importante, utilizar esos conocimientos de una forma práctica para hacerles ver su funcionalidad e implicación real.

Como se ha ido comentado a lo largo de este estudio, esta metodología persigue que los estudiantes, además de adquirir los conocimientos esperados, aprendan otra serie de características transversales a lo largo del proceso. Estas características son principalmente, un mayor grado de autonomía, responsabilidad y madurez a la hora de abordar la actividad y responder con resultados, que les capacitará para ser ciudadanos aptos en nuestra sociedad y en su futuro profesional o si desean seguir estudiando bachillerato, en el caso de, como esta propuesta destinada a alumnos de 4º ESO, desarrollar esa madurez que se persigue como objetivo en estos cursos y enfrentarse a las pruebas de reválida y PAU para seguir formándose y alcanzar sus objetivos.

El aprendizaje basado en proyectos en el ámbito de las ciencias, permite además acercar al alumno al método científico como forma de trabajo habitual en ciencias, uno de los puntos a los que se ha prestado una especial atención en este trabajo y en los resultados que se esperan adquirir, ya que una de las características del aprendizaje basado en proyectos es acercar a los alumnos a la realidad, a experimentar con contenidos reales y que sean observables en la naturaleza. Este hecho resulta trascendental cuando se habla expresamente de ciencias experimentales como es el caso de Biología y Geología. Una de las justificaciones de este trabajo en concreto, es precisamente, facultar a los alumnos para observar los hechos a su alrededor y que esto promueva su emisión de hipótesis para resolver el porqué de ese hecho, reflexionar sobre el mismo y utilizar sus conocimientos aprendidos para establecer, justificar y discutir sus resultados. Además, no debe abstraerse que el proyecto se encuentra en un marco educativo, por lo que debe asegurar la continuidad y profundidad necesaria de todas las fases del aprendizaje para completar un proceso íntegro, donde el alumno experimente la mejora del conocimiento.

Algunos antecedentes de propuestas que han sido previamente puestas en práctica, como las que han sido comentadas en el apartado 2.4-. El aprendizaje basado en proyectos en ciencias, demuestran haber tenido unos excelentes resultados y haber sido premiadas por certámenes y expertos en la educación, además de acumular varias ediciones de su aplicación en las aulas. Ello fomenta a que cada vez más docentes se atrevan a ponerlas en práctica en sus aulas y compartir sus experiencias en foros o redes sociales especializadas. Estas son las pruebas más irrefutables de la validez y éxito de esta metodología para allanar el camino hacia tan ansiado aprendizaje significativo y motivador en las aulas actuales.

La presente propuesta, espera conseguir resultados similares y por ello, ha sido elaborada teniendo en cuenta los criterios que determinan el aprendizaje basado en proyectos. De forma que, se ha seleccionado un tema central englobado en el currículo según pauta la legislación actual vigente bajo el marco de la LOE y estará presente de igual forma en caso de que se implemente la nueva legislación de la LOMCE. Mediante la realización y elaboración del mismo el alumno va topándose con los conceptos técnicos propios del temario para ir incrementando su bagaje de conocimientos, como por ejemplo genotipo Vs fenotipo, herencia autosómica, herencia ligada al sexo, mutación y enfermedades. Es un proyecto con un marcado carácter de investigación a varios niveles: individual, familiar y poblacional, de forma que va ampliando la magnitud de la muestra y amplía la significación de la investigación para culminar en la universalidad de las leyes de herencia genética dentro de su variabilidad de expresiones. Además, este proyecto presenta una particularidad especial y es el hecho de la realidad del proceso, como punto último de los criterios del aprendizaje basado en proyectos, el propio alumno es el sujeto activo de su autoanálisis, para después ampliar sus horizontes a las personas que le rodean. Este factor, además de ofrecer esa realidad significativa, acrecienta la curiosidad del alumno por la exploración de los caracteres que siempre habían estado ahí, pero nunca antes había sido capaz de identificarlos y estudiarlos con el criterio que adquiere tras la realización de este proyecto.

Es destacable, señalar la contribución del aprendizaje basado en proyectos en la mejora de las habilidades sociales además de técnicas del alumno, un parámetro que ofrece una combinación perfecta y equilibrada del desarrollo personal y académico del alumnado. Realizando la propuesta presentada, el alumno encuentra la oportunidad de realizar varias puestas en común, e interaccionar con los compañeros y el profesor para exponer sus resultados y conocer los de sus compañeros para crear un trabajo colaborativo. Además, involucra no sólo al grupo del propio aula, sino que aparece un

importante punto positivo en el hecho de involucrar a la familia para la realización de esta actividad, de forma que ayuda a los padres y familiares a conocer el tipo de actividades que se realizan en clase con ellos y fomenta su implicación en la educación de sus hijos, que es fundamental, para culminar el desarrollo de los adolescentes, como ha sido demostrado en numerosos estudios (Baeza, 1999; Martínez, 2005; Davis-Kean, 2005; Carbó, 2009). La publicación de los datos de la web ayudaría a implicar a la comunidad educativa en el proyecto.

En contraposición, esta metodología basada en proyectos también cuenta con algunas desventajas. Para el estudiante, supone una carga de trabajo importante, a la cual no están acostumbrados, no coincide con las clásicas actividades que suelen desarrollar, de ahí que se plantee estrictamente necesario desarrollar la curiosidad por el tema y medir la motivación que este va a causar en los estudiantes para generar el compromiso y reducir ese sentimiento de activismo. En adición, con el aprendizaje basado en proyectos se gana profundidad en algunos proyectos, pero a cambio, otros pueden ser tratados de manera más superficial (o incluso no tratarlos), un hecho que puede no ser bien considerado por el profesorado. Por otro lado, desde el punto de vista del docente, en ocasiones, se plantea difícil poder realizar un proyecto de estas características con un estrecho margen de temporalización para completar currículos cada vez más amplios en contenidos. Además, cambia el rol del profesor en el proceso de enseñanza, lo cual requiere un periodo de formación (Alcober, Ruiz y Valero, 2003). Ahora, además, surge un problema adicional, la prueba de la reválida que se instaurará en el 4º curso de ESO con la llegada de la LOMCE como nueva legislación educativa. Al igual que ocurre en 2º Bachillerato con las pruebas de la PAU, estos cursos se convierten en un curso intensivo de preparación para enfrentarse a la prueba, con lo que adquieren una metodología conductista, la cual es incluso demandada por los alumnos preocupados en estar correctamente preparados para superar estas pruebas. Este hecho, limita mucho actividades que conlleven tal carga de trabajo y requieran tanto tiempo como una basada en diseño de proyectos.

Analizando en concreto la propuesta diseñada para este trabajo, es una actividad que se puede flexibilizar para ajustarse a los tiempos, de forma que puede ser una actividad para realizar en una o dos clases en el aula, como microproyecto, valorando únicamente los caracteres propios de cada alumno y estudiando sus frecuencias alélicas en el conjunto de la clase, o arrancar con la propuesta completa implicando a cada alumno en realizar su árbol genealógico, estudiar las frecuencias, analizar y reflexionar los resultados y publicarlos en la web. En este sentido, no se debe

olvidar, ya que fundamenta el aprendizaje basado en proyectos, la máxima dedicación al avance del currículo mediante el desarrollo del proyecto de manera simultánea, siendo el tema central y único eje vertebrador del abordaje de contenidos, por lo que se debe minimizar el trabajo puramente autónomo del alumno fuera de la propia clase. Es decir, no es una estrategia periférica para ampliar conocimientos, sino que es la base para impartir los mismos.

En relación a la implicación familiar previamente comentada, esta actividad también presenta algunos puntos negativos a raíz de esta característica, que hay que tener en consideración. Uno de ellos es el riesgo de que participen alumnos que sean adoptados y no sean consciente por parte de la familia. Un análisis genético, aunque sea de caracteres observacionales podría hacerle detectar que sus tutores no son sus padres biológicos. Este trabajo requiere participación familiar, con lo cual también puede resultar complejo para alumnos con familias desestructuradas. En estos casos, el docente tendría que valorar el grupo de alumnos que tiene a su cargo y decidir si sería apropiado realizar una actividad de este tipo.

5-. CONCLUSIONES

La presente propuesta se ha desarrollado con el fin de estudiar la eficacia prevista de una idea de aprendizaje basado en proyectos, enmarcada en la tendencia constructivista, aportando así una herramienta para la enseñanza de Genética al docente de la asignatura Biología y Geología de 4º ESO.

El apartado 2.4.1-. Importancia del aprendizaje basado en proyectos en el ámbito educativo en ciencias, iniciaba con una cita extraída de Maldonado (2008): “Uno de los objetivos principales del proceso de aprendizaje es formar personas capaces de interpretar los fenómenos y los acontecimientos que ocurren a su alrededor”. Esta cita no era azarosa, si no que definía perfectamente la propuesta que quería plasmarse en este trabajo: *El objetivo principal de la propuesta de intervención aportada pretende formar personas capaces de interpretar cómo funcionan los fenómenos de la genética sobre sí mismo y los que se encuentran a su alrededor.*

Para conseguir este objetivo, se ha considerado el aprendizaje basado en proyectos como una buena estrategia para alcanzarlo. Especialmente, porque parte de una observación real y persigue la recopilación de datos para que el alumno

experimente con su entorno, adquiera experiencia y comprenda de primera mano el fundamento de ese conocimiento.

En relación a este fin, se definían al comienzo del trabajo una serie de objetivos, del cual se han podido extraer las siguientes conclusiones:

OBJETIVO 1: Buscar información bibliográfica disponible sobre antecedentes del aprendizaje basado en proyectos y sus resultados contrastados.

CONCLUSIÓN 1: La búsqueda bibliográfica permite conocer el fundamento y el origen del aprendizaje basado en proyectos, así como revelar la justificación de este origen, cuál fue la necesidad que llevó a plantear esta estrategia de educación. Además, confirma la obtención de resultados reales exitosos en la práctica educativa real, como algunos de los casos discutidos en este marco teórico, como por ejemplo Zombiología (Vallejo, 2015) y el programa “Profundiza: La Ciencia a Fondo” (Espárrago, 2013).

OBJETIVO 2: Analizar la implicación didáctica del aprendizaje basado en proyectos como herramienta de aprendizaje, teniendo en especial consideración el aprendizaje de índole científica.

CONCLUSIÓN 2: El aprendizaje basado en proyectos, respeta un esquema que promueve el entrenamiento de todas las fases del aprendizaje. Este hecho, confirma que el aprendizaje obtenido resulta íntegro y significativo. Además, su propio planteamiento resulta muy similar al del método científico, lo cual lleva a los alumnos a adquirir una forma de trabajo homóloga a la experimentación e investigación científica.

OBJETIVO 3: Analizar la situación actual sobre los contenidos del currículo relacionados con Genética en este curso y evaluar la posibilidad de mejora en la docencia de estos contenidos mediante el aprendizaje basado en proyectos.

CONCLUSIÓN 3: Previa a la exposición de la propuesta se ha introducido la situación actual sobre los contenidos que estipula la legislación vigente actual enmarcada en el marco de la LOE, para tenerlos presente y que sirvieran de precedente a la hora de elaborar la propuesta. Con los resultados obtenidos, se espera que los alumnos aborden todos los objetivos y competencias transversales que recoge este Real Decreto.

OBJETIVO 4: Diseñar una propuesta que genere un aprendizaje significativo y motivador para el alumno de esta materia. Especialmente, se perseguirá que la propuesta logre captar su curiosidad para conseguir su máxima implicación en el proyecto.

CONCLUSIÓN 4: La presenta propuesta, ha sido diseñada siguiendo todos los criterios del aprendizaje basado en proyectos y estableciendo esa relación continua entre las fases del aprendizaje y en las fases del método científico para ofrecer al alumno un entorno de trabajo real y con una base de experimentación práctica del contenido para facilitar su integración y comprensión. Además, se ha considerado especialmente necesario en un trabajo de esta magnitud, generar curiosidad por querer conocer más sobre el tema para resolver las misteriosas metas. Uno de los objetivos concretos de esta propuesta es generar interés en los caracteres propios y que surja la curiosidad en los alumnos de conocer su origen familiar y las diferencias con respecto a sus propios compañeros.

OBJETIVO 5: Evaluar si esta metodología aporta al alumno la adquisición de competencias transversales además de conocimientos sobre el tema.

CONCLUSIÓN 5: El aprendizaje basado en proyectos, no se limita al aprendizaje de los contenidos del currículo, si no que aprecia la incorporación en el alumno de competencias transversales desarrolladas en la elaboración del mismo. Esta propuesta, se espera que involucre al alumno en el desarrollo de autonomía, organización y planificación, estimula el autoaprendizaje y la curiosidad por profundizar sobre el tema. Además, se ha trabajado que incorpore una implicación grupal y colaborativa a varios niveles. Se estimula el juicio crítico propio para determinar los caracteres observados y con propuestas de actividades que requieren una reflexión y extrapolación más profunda, así como la búsqueda de información complementaria.

OBJETIVO 6: Diseñar una evaluación del rendimiento de la propuesta para estimar unos resultados previstos de su acción en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

CONCLUSIÓN 6: En el presente estudio se ha recogido un apartado detallado con la evaluación del proceso que seguirán los alumnos, de forma que sea medible su rendimiento académico en la consecución de objetivos a lo largo del proyecto y la evaluación de los resultados para poder valorar el

grado de éxito de esta metodología de enseñanza y el nivel de aceptación por parte del alumno. Los resultados recogidos son previstos, ya que la presente propuesta no ha sido puesta en práctica.

Aunque el presente estudio, se limite a crear una propuesta de intervención a la expectativa de ser contrastada, los antecedentes revelan unos resultados fructíferos en proyectos parecido, por lo que posicionan al aprendizaje basado en proyectos como una metodología apta para conseguir los objetivos que se esperan en la propuesta planteada. Estos resultados reales, amparan seguridad para establecer esta metodología y continuar ampliando la investigación de sus resultados.

6-. LIMITACIONES Y PROSPECTIVA

La principal limitación presentada para realizar este trabajo es el tiempo tan ajustado con el que se ha contado para diseñar esta propuesta. Esta limitación de tiempo, además imposibilita poder ponerla en práctica para obtener resultados reales en el aula. Este hecho, sin embargo, garantiza una prospectiva del trabajo para poner en práctica la propuesta y comparar los resultados esperados con resultados reales que permitan conocer su implicación veraz en el aprendizaje significativo de contenidos y competencias transversales.

Por otro lado, aunque el aprendizaje basado en proyectos es una metodología que surge hace varias décadas, no existen demasiadas entradas sobre prácticas realizadas en el ámbito de secundaria. Es una metodología que ha sido más desarrollada y explotada en enseñanzas superiores y especialmente en ramas de ingenierías donde la metodología de trabajo es frecuente que sea encaminada a proyectos y análisis de resultados por lo que resulta una propuesta idónea en este sector.

En cuanto a la prospectiva, también encontramos limitaciones y desventajas que pueden aparecer y que han sido discutidas en el apartado 4. sobre discusión, como la difícil temporalización, los currículos tan estrechos que permiten poco margen de actuación en algunos cursos de secundaria y el conductismo al que se limitan los últimos cursos en secundaria y bachillerato en preparación de las pruebas de la reválida y PAU.

No obstante, el objetivo de este trabajo y el de muchos otros relacionados con el aprendizaje basado en proyectos, es aportar al docente nuevas herramientas para alcanzar ese idóneo proceso de aprendizaje-enseñanza correcto, innovador y motivador para la comunidad educativa que puedan ofrecernos nuevas prospectivas en el ámbito educativo. La propuesta analizada, se espera no acabe siendo una hipotética idea con prospección, sino un proyecto con validez contrastada en un futuro.

7-. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Actualidad Pedagógica (2013). *Aprendizaje basado en proyectos en 10 pasos*. Recuperado el 06/01/2016 en: <http://actualidadpedagogica.com/aprendizaje-basado-en-proyectos-en-10-pasos/>.
- Alcober, J., Ruiz, S. y Valero, M. (2003, July). Evaluación de la implantación del aprendizaje basado en proyectos en la EPSC (2001-2003). In *XI Congreso universitario de innovación educativa en enseñanzas técnicas*. Recuperado el 08/01/2016 en: http://www.xtec.cat/aulatec/Evaluacion_PBL.pdf
- Ames, C. (1992). Classrooms: goals, structures, and student motivation. *Journal of Educational Psychology*, 84, 261-271.
- Araya, V., Alfaro, M. y Andonegui, M. (2007). Constructivismo: orígenes y perspectivas. *Laurus*, 13(24), 76-92.
- Aula Planeta (2015). *Siete ventajas del aprendizaje basado en proyectos*. Recuperado el 29/12/2015 en: <http://www.aulaplaneta.com/2015/02/25/recursos-tic/siete-ventajas-del-aprendizaje-basado-en-proyectos/>.
- Ayuntamiento de Llerena. (2012). *Inmaculada Espárrago premiada con el Joaquín Sama*. Recuperado el 29/12/2015 en: <http://llerena.org/actualidad/Ampliada.php?CLAVE=4382>.
- Azcárate, C. (1999). Tema: “Constructivismo y Educación científica”, *Revista Enseñanza de las Ciencias*. 17(3), 477.

Baeza, S. (1999, septiembre). El rol de la familia en la educación de los hijos. Ponencia presentada en: *Jornadas Interdisciplinares de Instituciones de Promoción Social, Educación y Salud*. Santa Rosa, Perú.

Barreto Tovar, C.H., Gutiérrez Amador, L.F., Pinilla Díaz, B.L. y Parra Moreno, C. (2006). Límites del constructivismo pedagógico. *Educación y Educadores*, 9(1), 11-31.

Bernardo, J., Javaloyes, JJ., Calderero JF. (2008). *Cómo personalizar la educación. Una solución de futuro*. Madrid. Narcea, S.A Ed. Capítulo 4, p. 135-37.

Carbó, M. J. C. (2009). *Familia y escuela: compartir la educación*. Vol. 15. Ed. Graó. Barcelona.

Carretero, M. (2000). *Constructivismo y educación*. Editorial Progreso. México D.F.

Chin, C., Chia, L. G. (2006). Problem-based learning: Using ill-structured problems in biology project work. *Science Education*, 90(1), 44-67.

Chinn, C. A., & Malhotra, B. A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, 86(2), 175-218.

Ciencia para ti. (2014). *El método científico*. Recuperado el 06/01/2016 en: <http://cienciaparati.com/material-teorico/ciencia/el-metodo-cientifico/>.

Coto, M. & Dirckinck-Holmfeld, L. (2007). Diseño para un aprendizaje significativo. *Revista Electrónica Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información, Universidad de Salamanca*, 8(3), 135-48.

CPR Colegio Plurilingüe Sagrado Corazón (2015). *Estudio poblacional de tres caracteres monogénicos hereditarios*. Recuperado el 12/12/2015 en: <http://olimpiadn.educabbarrie.org/wp-content/uploads/2015/04/Reto3-4%C2%BA-ESO.pdf>.

Cuéllar, J. (2015). La ratio de los alumnos por clase vuelve al nivel previo a los recortes de 2012. *El Mundo, Educación, Debate de los presupuestos para el 2015 – 2016*. Publicado el 20/08/2015. Recuperado el 09/12/2015 en: <http://www.elmundo.es/espana/2015/08/20/55d5bcd9ca4741fa3a8b459c.html>.

Davis-Kean, P. E. (2005). The influence of parent education and family income on child achievement: the indirect role of parental expectations and the home environment. *Journal of family psychology*, 19(2), 294.

Departamento Antropología Física (2008). *Manual de prácticas de Antropología*. Facultad de Biología. Universidad de Alcalá. Material no publicado.

DuFour, R., DuFour, R., Eaker, R. & Many, T. (2006). *Learning by doing. A handbook for professional Learning Communities at Work*. Ed. Solution Tree. Bloomington, Indiana.

Espárrago, E (2012). *Investigando los genes. Los genes de mi familia*. Programa Profundiza “Ciencia a fondo”. p. 26-32. IES LLERENA. Junta de Extremadura. Recuperado el 10/12/2015 en: <http://conecta2conlaciencia.wikispaces.com/file/view/Los+Genes+De+Mi+Familia.pdf/393405932/Los+Genes+De+Mi+Familia.pdf>.

Gallori, E. (2012). *Atlas Ilustrado de Genética*. Milano: Susaeta Ed. p. 9.

Gardner, H. (1991). *The unschooled mind: How children think and how schools should teach*. New York: Basic Books.

Gibbs, G. (1999). *Using assessment strategically to change the way students learn*. In S. Brown, Assessment matters in higher education: Choosing and using diverse approaches (pp. 41-53). A. Glasner (Eds.), Buckingham: Open University Press.

Goh, C. T. (1998). Shaping our future: Thinking schools, learning nation. In M. L. Quah & W. K. Ho (Eds.), Thinking processes: Going beyond the surface curriculum (pp. 1 – 4). Singapore: Simon & Shustre.

Heick, T. (2013). *5 learning strategies that make student curious*. Teacher Thoughts. Recuperado el 23/11/15 en: <http://www.teachthought.com/critical-thinking/inquiry/5-learning-strategies-that-make-students-curious/>.

Human Vision (2005). *Human vision. Outdoor training*. Recuperado el 20/11/2015 en: <http://www.humanvision.biz/node/3>.

Ishihara, S. (1918). *Ishihara Colour plates-38 sets*. Adaptado de la obra original de Shinobu Ishihara. Recuperado el 10/12/2015 en: <http://unlimitedmemory.tripod.com/sitebuildercontent/sitebuilderfiles/ishihara38.pdf>.

Knoll, M. (1997). The project method: Its vocational education origin and international development. *Journal of Industrial Teacher Education*, 34(3), 59-80.

Krajcik, J. S. & Blumenfeld, P. (2006). Project-based learning. In Sawyer, R. K. (Ed.), *the Cambridge handbook of the learning sciences*. New York: Cambridge. Ch. 19, pp. 317-334.

Laburu, C. E. (1996). La crítica en la enseñanza de las ciencias: constructivismo y contradicción. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(1), 93-101.

Maldonado, M. (2008). Aprendizaje basado en proyectos colaborativos. Una experiencia en educación superior. *Laurus*, 14(28) 158-180.

Marín, N. (2003). Visión constructivista dinámica para la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, 43-55.

Marín, N (2014). Constructos orgánicos para una redescipción de la epistemología de la Ciencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 11(3), 335-347.

Martínez, R. A. y Álvarez, L. (2005). Fracaso y abandono escolar en Educación Secundaria Obligatoria: implicación de la familia y los centros escolares. *Aula Abierta*, 85.

Marx, R. W., Blumenfeld, P. C., Krajcik, J. S., Fishman, B., Soloway, E., Geier, R. & Revital T. T. (2004). Inquiry-based science in the middle grades: Assessment of learning in urban systemic reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 1063–1080.

O'Neill, K. & Polman, J. L. (2004). Why educate “little scientists”? Examining the potential of practice-based scientific literacy. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(3), 234–266.

Polman, J. L. (2000). *Designing Project-Based Science: Connecting Learners through Guided Inquiry. Ways of Knowing in Science Series*. Teachers College Press, PO Box 20, Williston, VT 05495.

Real Decreto 1631/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la ESO. *Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Gobierno de España*.

Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. *Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Gobierno de España*.

Rebollo, S. (2010). Aprendizaje basado en proyectos. *Revista digital: Innovación y Experiencias Educativas*. 26.

Rivet, A. & Krajcik, J. (2002). Contextualizing instruction: Leveraging students' prior knowledge and experiences to foster understanding of middle school science. In P. Bell, R. Stevens, & T. Satwicz (Eds.), *Keeping learning complex: The proceedings of the fifth international conference for the learning sciences (ICLS)*. Mahwah, NJ: Erlbaum.

Rodríguez-Sandoval, E., Vargas-Solano, E. M., & Luna-Cortés, J. (2010). Evaluación de la estrategia "aprendizaje basado en proyectos". *Educación y Educadores*, 13(1), 13-25.

Scouller, K. (1998). The influence of assessment method on students' learning approaches: Multiple choice question examination versus assignment essay. *Higher Education*, 35(4), 453-472.

Sousa, D. A. (1995). How the Brain Learns. Reston, VA: *The National Association of Secondary School Principals*, p 143.

Thomas, J. W. (2000). A review of research on project-based learning. Recuperado el 06/01/2016 en:
<http://www.newtechnetwork.org.590elmpo1.blackmesh.com/sites/default/files/dr/pblresearch2.pdf>

Vallejo, S. (2015). *Zombiología*. Recuperado el 29/12/2015 en:
<http://zombiologia.com/>.

Van den Bergh, V., Mortermans, D., Spooren, P., Van Petegem, P., Gijbels, D. & Vanthournout, G. (2006). New assessment modes within project-based education – the stakeholders. *Studies in Educational Evaluation*, 32, 345-368.

Von Glaserfeld, E. (1988). Introducción al constructivismo radical. *La realidad inventada*, 20-37.

Williams, M. & Linn, M. (2003). WISE Inquiry in fifth grade biology. *Research in Science Education*, 32(4), 415–436.